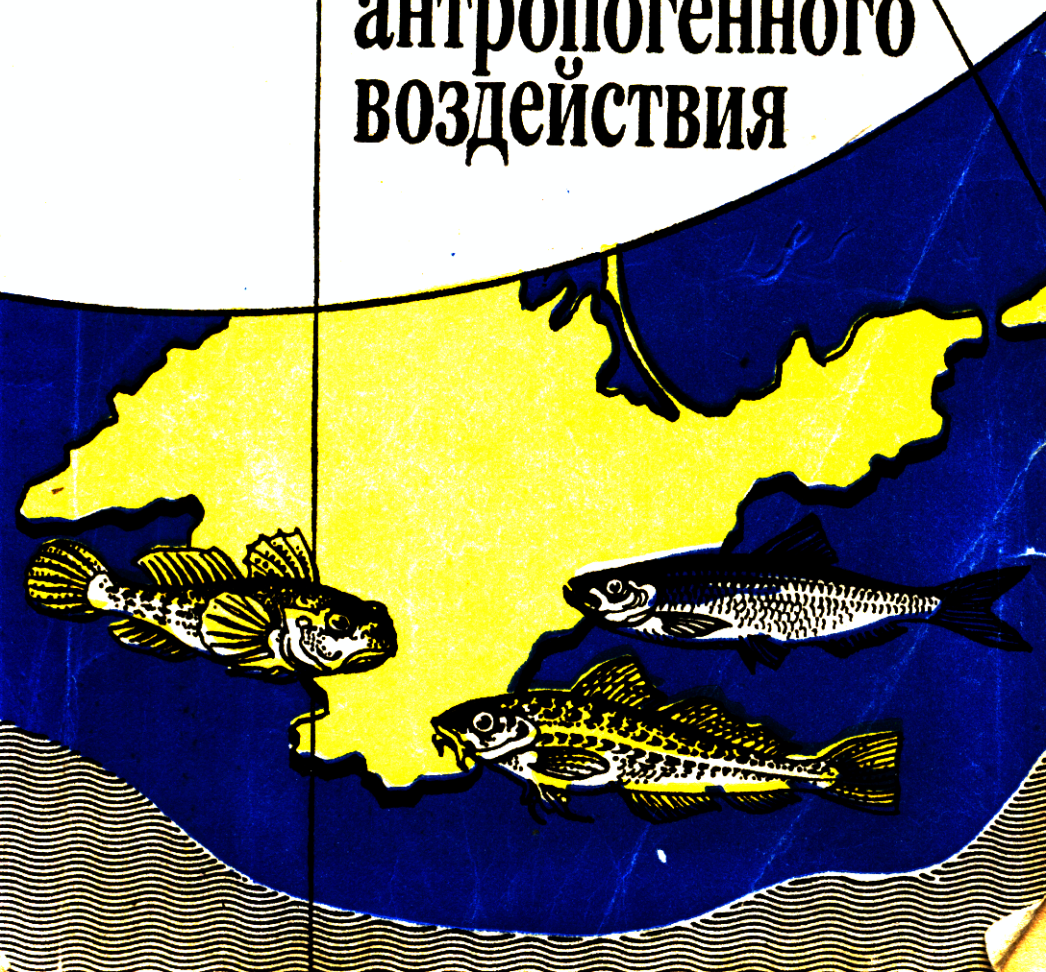


ИХТИОФАУНА

ЧЕРНОМОРСКИХ БУХТ в условиях антропогенного воздействия



АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ

им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ИХТИОФАУНА

ЧЕРНОМОРСКИХ БУХТ в условиях антропогенного воздействия

Институт биологии
южных морей АН УССР

БИБЛИОТЕКА

№ 37411

Авторы: Л. С. Овен, А. Д. Гордина, О. Г. Миронов, Т. С. Расс, В. А. Морочковский, Ю. И. Ковальчук, А. Н. Петров, С. В. Алемов, И. И. Руднева, Т. Л. Гавенаскайте, С. К. Светашева, Н. Ф. Шевченко, Т. Н. Климов, А. В. Ткач

УДК 597.08:591.524.11:551.46:09:6285(262.5:551.352.2)

В монографии описаны изменения видового состава, численности, биомассы рыб и бентосных беспозвоночных животных в черноморских бухтах в результате загрязнения среды нефтяными углеводородами, тяжелыми металлами и другими ядовитыми веществами. Приведены данные о нарушении оогенеза у многих видов рыб, качественном и количественном обеднении их кормовой базы. Дана оценка ущерба, нанесенного рыбным запасам Севастопольской бухты.

Для ихтиологов, гидробиологов, экологов, токсикологов, работников рыбохозяйственных и рыбоохранных организаций.

У монографії описано зміни видового складу, чисельності, біомаси риб і бентосних безхребетних тварин у чорноморських бухтах внаслідок забруднення середовища нафтовими вуглеводнями, важкими металами та іншими отруйними речовинами. Наведено дані про порушення оогенезу у багатьох видів риб, якісні і кількісні збіднювання їх кормової бази. Дано оцінку збитків, завданих рибним запасам Севастопольської бухти.

Для іхтіологів, гідробіологів, екологів, токсикологів, працівників рибогосподарських і рибоохоронних організацій.

Ответственный редактор Л. С. Овен

Утверждено к печати ученым советом
Института биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского АН Украины

Редакция биологической литературы

Редактор Ю. В. Альберт

И 1904030100-180 306-93
221-93

ISBN 5-12-003569-8

© Л. С. Овен, А. Д. Гордина, О. Г. Миронов и др., 1993

Исследования последних лет показали неблагоприятное состояние черноморской экосистемы. Это относится в первую очередь к районам шельфа, в которые промышленные, сельскохозяйственные и бытовые стоки вносят в больших количествах ядовитые вещества – нефть и нефтепродукты, тяжелые металлы, хлор- и фосфороорганические соединения и др. Установлено, что названные токсиканты оказывают негативное воздействие на гидробионтов, особенно на ранних стадиях их развития [52, 59, 68]. Наибольший вред растительным и животным организмам наносит загрязнение вод нефтяными и хлорированными углеводородами (пестициды, полихлорированные бифенолы) и токсическими металлами. Среди последних к особо опасным загрязнителям относится широко используемая в народном хозяйстве ртуть, производные которой обладают высокой токсичностью [108].

Обитатели шельфа, и в том числе бухт, испытывают на себе воздействие токсических веществ в наиболее высоких концентрациях, и это не может не сказаться на их состоянии.

В прибрежных сообществах важную роль играют рыбы как представители высшего трофического звена. Они же имеют и наибольшую практическую ценность, поэтому заслуживают особо пристального внимания исследователей.

В черноморской ихтиофауне существенные изменения произошли примерно в 1965–1975 гг. Они затронули видовую структуру ихтиоценов, численность популяций и количественное соотношение промысловых рыб [36, 82, 84]. С тех пор состояние рыбного населения моря продолжает ухудшаться. Статистика уловов за последние 30 лет свидетельствует о том, что из отечественного промысла практически выпали такие крупные и ценные виды рыб, как пелагида, скумбрия, луфарь, камбала-калкан, султанка, кефали, осетровые. В результате произошедшего упрощения структуры популяций и уменьшения запасов крупных хищных рыб, как отмечает Ф. С. Замбориборщ [36], произошла вспышка численности мелких короткоциклических рыб – хамсы, шпрота, мелкой ставриды, кото-

рые заняли доминирующее положение в промысле. Аналогичные процессы наблюдаются в различных морских и пресноводных водоемах и подчиняются общей закономерности [40].

На фоне изменений ихтиофауны Черного моря в целом представляет интерес изучение состояния ихтиоценов в бухтах, где загрязнение наиболее интенсивно и где его влияние на биоту может проявиться достаточно отчетливо.

Исходя из вышеизложенного, мы поставили перед собой задачу выявить основные параметры негативных изменений, которые произошли в сообществах рыб и беспозвоночных животных в бухтах, в различной степени загрязненных токсическими веществами, попадающими в них с неочищенными или мало очищенными стоками вод, сбросом твердых отходов и другими неконтролируемыми путями.

Комплексные исследования проведены в нескольких бухтах, расположенных в окрестностях Севастополя и различающихся по степени загрязнения. Основные исследования выполнены в самой крупной и глубоко вдающейся в сушу бухте — Севастопольской. Для сравнения использованы данные, полученные в бухтах Омега, Балаклавская и в открытых прибрежных участках моря в районе Учкеевки и Карадага. Севастопольская бухта в отличие от других несколько лет назад была отгорожена от моря защитным молом, что также отложило отпечаток на экологические условия в ней. В бухтах осуществлены океанографические, гидробиологические, токсикологические, ихтиопланктонные и ихтиологические исследования. Монография посвящена результатам этих исследований. В ней изложены данные о содержании нефтепродуктов и ртути в воде, грунте и гидробионтах. Большое внимание уделено распределению и количественным характеристикам зообентоса, представляющего собой кормовую базу для многих видов прибрежных рыб. Важное значение для уточнения видового состава рыб и оценки интенсивности их размножения имеют результаты ихтиопланктонных исследований. Весьма показательными оказались данные о видовом составе, численности, питании и размножении рыб в различных районах в сравнении с аналогичными данными, полученными в 50-е годы.

Кроме того, в монографию включена глава "Ихтиофауна Черного моря и некоторые этапы ее истории", написанная Т. С. Рассом. Она содержит самый полный список рыб, встречающихся в Черном море, составленный с учетом новейших данных и ревизий отдельных семейств.

Важным разделом монографии являются данные по влия-

нию нефтяных углеводородов на ихтиофауну. В донных осадках севастопольских бухт только в верхнем 10-сантиметровом слое накоплено свыше 20 тыс.т. нефтепродуктов. Наряду с повседневным загрязнением акватории нефтью последняя мигрирует в толщу воды со дна, приводя к постоянному воздействию нефтяного пресса на биоту акватории моря у Севастополя и прилегающих районов.

За четверть века опубликовано значительное количество материалов по биологическим аспектам нефтяного загрязнения в Черном море. Однако авторы посчитали целесообразным кроме новых данных выборочно включить в обобщенном виде ранее опубликованные материалы по влиянию нефти и нефтепродуктов на рыб и некоторые кормовые объекты.

В заключительных главах даны первая оценка запасов пелагических и придонных рыб в Севастопольской бухте и расчет ущерба, нанесенного рыбным запасам этого некогда промыслового района моря.

Надеемся, что материалы, представленные в монографии, заинтересуют как специалистов – гидробиологов, ихтиологов, токсикологов, так и работников рыбной промышленности и природоохранных организаций.

1. ИХТИОФАУНА ЧЕРНОГО МОРЯ И НЕКОТОРЫЕ ЭТАПЫ ЕЕ ИСТОРИИ

Фундаментальному описанию ихтиофауны Черного моря, ее состава, биологии, промыслового использования посвящена монография А. Н. Световидова [87]. Опубликованы списки видового состава, дифференцированные по экогеографическим группам [81]. В этих работах учтена и использована вся предшествующая (до 60-х годов) литература. Позднее, однако, появились новые данные, существенно меняющие и частично дополняющие сложившиеся представления о видовом составе важнейших семейств и генезисе ихтиофауны Черного моря. Появились сообщения о не отмечавшихся ранее видах рыб, опубликованы организованные ЮНЕСКО капитальные обзоры ихтиофауны Северо-Восточной Атлантики и Средиземноморского региона [113–116], выполненные учеными 17 стран, включая советских ихтиологов. Проведенные специалистами ревизии видового состава и новые находения делают необходимым опубликование и анализ соответствующего современным знаниям состава и номенклатуры списка ихтиофауны Черного моря. Частичные поправки прежних списков были даны в специальной статье [82], но в ней не могли быть полностью приведены нужные изменения. Ниже представляется полный список видового состава ихтиофауны Черного и Азовского морей с учетом новейших данных и поправками имевших место отдельных ошибок.

СПИСОК РЫБ ЧЕРНОГО МОРЯ

Squalidae — колючие акулы, катрановые

1. *Squalus acanthias* L. — катран, колючая акула
2. *Squalus blainvillei* (Risso) — малая колючая акула

Scyliorhinidae — кошачьи акулы

3. *Scyliorhinus canicula* (L.) (*Scylium canicula* L.) — кошачья акула. Нахождения в Черном море недостаточно документированы, возможен заход из Босфора. Не показана в Черном море (FNAM, p. 99)

Sphyrnidae — молот-рыба

4. *Sphyrna zygaena* (L.) (*S. malleus* Cuvier) — акула-молот. Указывается поимка у берегов Румынии [110]. Не показана в Черном море (FNAM, p. 125)

Squatinae – скватиновые, морские ангелы

5. *Squatina squatina* (L.) – скватина, морской ангел. Впервые указывается в Черном море (FNAM, p. 150)

Rajidae – скатовые, ромбоскатовые

6. *Raja clavata* L. – скат, морская лисица

Dasyatidae – хвостоколовые

7. *Dasyatis pastinaca* (L.) – хвостокол, морской кот

Gymnuridae – гимнуровые

8. *Gymnura altavela* (L.) – гимнтура, скат-бабочка. Впервые указывается в Черном море (FNAM, p. 204)

Acipenseridae – осетровые

9. *Acipenser gueldenstaedti colchicus* V. Marti – черноморский осетр

10. *Acipenser nudiventris* Lovetzky – шип

11. *Acipenser stellatus* Pallas – севрюга

12. *Acipenser sturio* L. – атлантический осетр

13. *Acipenser ruthenus* L. – стерлядь

14. *Huso huso* (L.) – белуга

Clupeidae – сельдевые

15. *Alosa caspia bulgarica* Drensky – болгарский пузанок

16. *Alosa caspia nordmanni* Antipa – черноморский пузанок

17. *Alosa caspia paleostomi* (Sadowsky) – палиостомский пузанок

18. *Alosa caspia tanaica* (Grimm) – азовский пузанок

19. *Alosa fallax nilotica* (Geoffroy Saint-Hilaire) – финта

20. *Alosa kessleri pontica* (Eichwald) (*A. pontica* (Eichwald)) – черноморская сельдь

21. *Clupeonella cultriventris cultriventris* (Nordmann) (*Cl. delicatula delicatula* Nordmann) – тюлька, сарделька

22. *Sardina pilchardus* (Walbaum) – сардина

23. *Sardinella aurita* Valenciennes – круглая сардина, сардинелла

24. *Sprattus sprattus phalericus* (Risso) – шпрот, черноморский шпрот

Engraulidae – анчоусовые

25. *Engraulis encrasicolus* (L.) (*E. encrasicolus* (L.), *E. e. ponticus* Aleksandrov, E. e. maeoticus Pusanov) – анчоус, хамса

Salmonidae – лососевые

26. *Salmo trutta labrax* Pallas – черноморский лосось

Esocidae – щуковые

27. *Esox lucius* L. – щука

Anguillidae – угревые

28. *Anguilla anguilla* (L.) – угорь, речной угорь

Congridae – конгеровые

29. *Conger conger* (L.) – конгер, морской угорь

Cyprinidae – карповые

30. *Abramis ballerus* (L.) – синец

31. *Abramis brama* (L.) – лещ

32. *Abramis sapa* (Pallas) – белоглазка

33. ? *Alburnoides bipunctatus rossicus* Berg – быстрянка

34. ? *Alburnus alburnus* (L.) – укля

35. *Aspius aspius* (L.) – жерех

36. *Blicca bjoerkna* (L.) – густера

37. ? *Carassius auratus gibelio* (Bloch) – серебряный карась

38. *Chalcalburnus chalcoides schischkovi* Drensky – шема

39. *Cyprinus carpio* L. – сазан

40. ? *Leuciscus cephalus orientalis* Nordmann – кавказский елец

41. ? *Leuciscus danilewskii* Kessler – елец Данилевского

42. ? *Leuciscus idus* (L.) – язь

43. *Pelecus cultratus* (L.) – чехонь

44. *Rutilus frisii frisii* (Nordmann) – вырезуб

45. *Rutilus rutilus heckeli* (Nordmann) – тарань

46. ? *Tinca tinca* (L.) – линь

47. *Vimba vimba vimba* (L.) – рыбец

- Siluridae – сомовые**
 48. *Silurus glanis* L. – сом
- Gadidae – тресковые**
 49. *Gaidropsarus mediterraneus* (L.) – морской галим, галей
 50. *Merlangius merlangus euxinus* (Nordmann) (*Odontogadus merlangus euxinus* (Nordmann)) – черноморский мерланг, мерланка
- Merlucciidae – мерлузовые**
 51. *Merluccius merluccius* (L.) – мерлуза
- Ophidiidae – ошибеньные**
 52. *Ophidion rochei* Müller – ошибень
- Atherinidae – атериновые**
 53. *Atherina boyeri bonapartii* Boulenger – атерина
 54. *Atherina boyeri pontica* Eichwald (*A. mochon pontica* Eichwald) – черноморская атерина
 55. *Atherina hepsetus* L. – средиземноморская атерина
- Belonidae – саргановые**
 56. *Belone belone euxini* Günther – сарган
- Poeciliidae – гамбузиные**
 57. *Gambusia affinis holbrooki* (Girard) – гамбузия. Интродуцирована в пресные воды Черного моря из Америки
- Zeidae – солнечниковые**
 58. *Zeus faber* L. (*Z. faber pungio* Valenciennes) – солнечник
- Gasterosteidae – колюшковые**
 59. *Gasterosteus aculeatus* L. – трехиглая колюшка
 60. *Pungitius platygaster platygaster* (Kessler) – малая южная колюшка
- Syngnathidae – игловые**
 61. *Syngnathus abaster* Risso (*S. nigrolineatus* Eichwald) – пухлощекая игла-рыба
 62. *Syngnathus acus* L. (*S. rubescens* Risso) – полосатая игла-рыба. Впервые указывается в Черном море (FNAM, p. 635)
 63. *Syngnathus schmidtii* Popov (? *S. phlegon schmidtii* Popov) – шишовая игла-рыба
 64. *Syngnathus tenuirostris* Rathke – тонкорылая игла-рыба
 65. *Syngnathus typhle* L. (*S. typhle argentatus* Pallas) – высококрылая игла-рыба
 66. *Syngnathus variegatus* Pallas – толсторылая игла-рыба
 67. *Nerophis ophidion* (L.) (*N. ophidion teres* Rathke) – змеевидная игла-рыба
 68. *Hippocampus hippocampus* (L.) (*H. eurgora* Ginsburg) – короткокрылый морской конек. Впервые указывается в Черном море (FNAM, p. 630)
 69. *Hippocampus ramulosus* Leach (*H. guttulatus microstephanus* Slastenenko) – длиннорылый морской конек
- Sphyrnidae – сфиреновые**
 70. *Sphyrna sphyrna* (L.) – сфирена
- Mugilidae – кефалевые**
 71. *Liza aurata* (Risso) (*Mugil auratus* Risso) – сингиль
 72. *Liza ramada* (Risso) (*Mugil ramada* Risso, *M. capito* Cuvier) – кефаль-головач
 73. *Liza saliens* (Risso) (*Mugil saliens* Risso) – остронос
 74. *Mugil cephalus* L. – лобан
- Serranidae – серпанные**
 75. *Serranus cabrilla* (L.) – каменный окунь, ханос, кабрилья
 76. *Serranus scriba* (L.) – каменный окунь, серпан
- Moronidae – лавраковые**
 77. *Dicentrarchus labrax* (L.) (*Morone labrax* (L.), *Labrax lupus* Cuvier) – лаврак
- Centrarchidae – центарховые**
 78. *Lepomis gibbosus* (L.) – солнечная рыба. Интродуцирован в Черное море из Америки
- Percidae – окуневые**
 79. *Gymnocephalus* (= *Acerina*) *schraetser* (L.) – полосатый ерш
 80. *Percarina demidoffi* Nordmann – черноморская перкарина
 81. *Percarina demidoffi maeotica* Kuznetsov – азовская перкарина
 82. *Perca fluviatilis* L. – окунь
 83. *Stizostedion lucioperca* (L.) (*Lucioperca lucioperca* (L.)) – судак

84. *Stizostedion marinum* Cuvier (*Lucioperca marina* Cuvier) – морской судак
- Pomatomidae – лугаревые**
85. *Pomatomus saltatrix* (L.) (*Temnodon saltator* Valenciennes) – лугарь
- Carangidae – ставридовые**
86. *Lichia amia* (L.) – лихия. Не показана в Черном море (FNAM, p. 831)
87. *Naucrates ductor* (L.) – лощман. Не показан в Черном море (FNAM, p. 832)
88. *Trachurus mediterraneus* Staindachner (*Tr. mediterraneus ponticus* Aleev) – средиземноморская ставрида
89. *Trachurus trachurus* (L.) (*Tr. trachurus trachurus* (L.)) – атлантическая ставрида
- Centracanthidae – смаридовые**
90. *Centracanthus cirrus* Rafinesque (*Smaris insidiator* Val.) – центракант. Впервые обнаружен в Черном море в 1986 г. [106]
91. *Spicara flexuosa* Rafinesque (*Sp. smaris* [87]; *Smaris chryselis* Valenciennes; *Sm. smaris* [4]) – спикара
92. *Spicara maena* (L.) (*Maena vulgaris* Valenciennes) – мэнзла
93. *Spicara smaris* (L.) (*Sp. alcedo* Risso; *Sp. alcedo* [87]; *Smaris vulgaris* Valenciennes) – смарида
- Sparidae – саровые**
94. *Boops boops* (L.) – бопс, полосатик
95. *Dentex dentex* (L.) (*D. vulgaris* Valenciennes) – зубан, синагрида
96. *Diplodus annularis* (L.) (*Sargus annularis* L.) – морской карась, ласкирь
97. *Diplodus puntazzo* (Cetti) (*Puntazzo puntazzo* (Cetti), *Charax puntazzo* Cetti) – зубарик, хизна
98. *Diplodus sargus* (L.) – сарг, сар
99. *Diplodus vulgaris* (Geoffrey Saint-Hilaire) – морской карась. Указывается в водах Болгарии с 1970 г. (FNAM, p. 896)
100. *Oblada melanura* (L.) – облада. Впервые отмечена в Черном море в 1966–1987 гг. [141]
101. *Pagellus erythrinus* (L.) – пагель, красный пагр
102. *Sarpa salpa* (L.) (*Boops salpa* (L.)) – сарпа
103. *Sparus aurata* L. (*Chrysophrys aurata* (L.)) – аурата, порода
104. *Spondylisoma cantharus* (L.) (*Cantharus cantharus* (L.)) – кантар
- Sciaenidae – горбылевые**
105. *Argyrosomus regius* (Asso) (*Sciaena aquila* Lacépède) – серебристый горбыль. Впервые показан в Черном море (FNAM, p. 867)
106. *Sciaena umbra* L. (*Corvina nigra* Bloch) – мелакопия, темный горбыль
107. *Umbrina cirrosa* L. – светлый горбыль, умбрина
- Mullidae – барбуневые**
108. *Mullus barbatus ponticus* Essipov – барбуня, султанка
109. *Mullus surmuletus* L. – полосатая барбуня. Впервые показана в Черном море (FNAM, p. 879)
- Pomacentridae – помацентровые**
110. *Chromis chromis* (L.) – ласточка, монашка. Не указывается в Черном море (FNAM, p. 918)
- Echeneidae – прилипаловые**
111. *Echeneis naucrates* L. – прилипала. Поймана у берегов Болгарии в 1960 г. [87, с. 521]. Не указывается в Черном море (FNAM, p. 1330)
- Labridae – губановые**
112. *Coris julis* (L.) – морской юнкер
113. *Ctenolabrus rupestris* (L.) – лапина
114. *Labrus viridis* L. – петропсар, зеленый губан
115. *Symphodus (Crenilabrus) cinereus* (Bonnaterre) (*Crenilabrus griseus* (Gmelin)) – рябчик
116. *Symphodus (Crenilabrus) ocellatus* Forsskal (*Crenilabrus ocellatus* (Forsskal)) – рулен
117. *Symphodus (Crenilabrus) roissali* (Risso) (*Crenilabrus quinque maculatus* (Bloch)) – перепелка
118. *Symphodus (Crenilabrus) tinca* (L.) (*Crenilabrus tinca* (L.), *Crenilabrus pavo* Valenciennes) – зеленушка

119. *Symphodus (Symphodus) rostratus* (Bloch) (*Symphodus acina* (Forsskål) – носатый губан
Ammodontidae – песчанковые
 120. *Gymnammodytes cicerellus* (Rafinesque) – песчанка
Trachinidae – драконовые
 121. *Trachinus draco* L. – морской дракон, змейка
Uranoscopidae – звездочетовые
 122. *Uranoscopus scaber* L. – звездочет, морская королева
Trichiuridae – волосохвостовые
 123. *Lepidopus caudatus* (Euphasen) – лепидоп. Впервые пойман в Черном море в 1980 г. [73], не учтен (FNAM, p. 379)
Scombridae – скумбриевые
 124. *Scomber scombrus* L. – скумбрия, атлантическая скумбрия
 125. *Scomber japonicus* Houttuyn (*S. japonicus colias* Gmelin) – восточная скумбрия
 126. *Sarda sarda* (Bloch) – пелагида
 127. *Euthynnus alleteratus* (Rafinesque) – малый тунец. Не указывается FNAM в Черном море (p. 985)
 128. *Thunnus thunnus* (L.) – тунец, синий тунец
Xiphiidae – мечерылье
 129. *Xiphias gladius* L. – меч-рыба
Gobiidae – бычковые
 130. *Aphia minuta mediterranea* (Risso) (*Aphia pellucida* (Nardo)) – бланкет
 131. *Benthophiloides braueri* Beling et Iljin – бентофилоид
 132. *Benthophiloides stellatus stellatus* (Sauvage) – звездчатая пуголовка
 133. *Benthophiloides ctenolepidus magistri* Iljin – азовская пуголовка. Не указывается FNAM (p. 10269)
 134. *Chromogobius quadrivittatus* (Steindachner) (*Relictogobius kryzhanovskii* Ptohelina) – полосатый бычок
 135. *Gobius auratus* Risso (*Cabotia schmidtii*, nec de Buen [87]) – золотистый бычок. Добыт у Севастополя в 1967 г. [18]. Не показан в Черном море FNAM (p. 1037)
 136. *Gobius bucchichi* Steindachner – бурый бычок
 137. *Gobius cobitis* Pallas – бычок-кругляш
 138. *Gobius niger* Jozo L. (*G. jozo* L.) – бычок-черныш
 139. *Gobius ophioccephalus* Pallas (*Zosterisessor ophiocephalus* (Pallas)) – бычок-гравияник
 140. *Gobius paganellus* L. – бычок-паганель
 141. *Mesogobius batrachoccephalus batrachoccephalus* (Pallas) (*Gobius batrachoccephalus* Pallas) – бычок-кнут, бычок-мартовик
 142. *Neogobius cephalargoides* Pinchuk (*Gobius cephalarges* auct., not Pallas?) – бычок-сурман
 143. *Neogobius eurycephalus* (Kessler) (*Neogobius cephalarges* auct., not Pallas) – бычок-рыжик
 144. *Neogobius fluviatilis fluviatilis* (Pallas) (*Gobius fluviatilis* Pallas) – бычок-песочник
 145. *Neogobius gymnotrachelus gymnotrachelus* (Kessler) (*Mesogobius gymnotrachelus* (Kessler), *Gobius gymnotrachelus* Kessler) – бычок-гонец
 146. *Neogobius kessleri kessleri* (Günther) (*Gobius kessleri* Günther) – бычок-головач
 147. *Neogobius melanostomus* (Pallas) (*Gobius melanostomus* Pallas) – бычок-кругляк
 148. *Neogobius platystris* (Pallas) (*Gobius platystris* Pallas) – бычок-губан
 149. *Neogobius ratan ratan* (Nordmann) (*Gobius ratan* Nordmann) – бычок-ротан
 150. *Neogobius syrmian* (Nordmann) (*Gobius syrmian* Nordmann) – ширман
 151. *Proterorhinus marmoratus* (Pallas) – бычок-лушник
 152. *Caspiosoma caspium* (Kessler) – каспиосома
 153. *Pomatoschistus (Bubyr) caucasicus* (Kawraisky) Berg (*Knipowitschia caucasica* (Kawraisky) Berg) – бубырь
 154. *Pomatoschistus marmoratus* (Risso) (*P. microps leopardinus* (Nordmann)) – бубырь мраморный
 155. *Pomatoschistus minutus elongatus* (Canestrini) – бубырь малый
 156. *Pomatoschistus pictus adriaticus* Miller (*P. pictus* (Malm)) – бубырь пятнистый (?). Не указывается FNAM в Черном море (p. 1076)

157. *Knipowitschia longicaudata* (Kessler) – книповичия

Callionymidae – пескарковые

158. *Callionymus lyra* L. – пескарка-лира, морская мышь-лира

159. *Callionymus fasciatus Valenciennes* (*C. maculatus Rafinesque. part.*) – короткокрылая пескарка

160. *Callionymus pusillus Delaroche* (*C. festivus Pallas*) – длиннохвостая пескарка, морская мышь

161. *Callionymus risso* Le Sueur (*C. belenus Risso*) – трехшипая пескарка, малая морская мышь

Blenniidae – собачковые

162. *Aidablennius sphynx* (Valenciennes) (*Blennius sphynx* Val.) – собачка-сфинкс

163. *Blennius ocellaris* L. – глазчатая собачка

164. *Coryphoblennius galerita* (L.) – хохлатая морская собачка

165. *Lipophrys adriaticus* (Steindachner et Kolombatovic) (*Blennius knipowitschi* Stastenenko; *Bl. trigloides*, not Valenciennes [87] in part) – короткоперая собачка

166. *Lipophrys pavo* (Risso) (*Blennius pavo* Risso) – собачка-павлин

167. *Parablennius incognitus* (Bath) – зеленая собачка. Не указывался в Черном море. Указывается FNAME (p. 1107)

168. *Parablennius sanguinolentus* (Pallas) (*Blennius sanguinolentus* Pallas) – пятнистая морская собачка

169. *Parablennius tentacularis* (Brünnich) (*Blennius tentacularis* Brünnich) – длинношупальцевая морская собачка

170. *Parablennius zvonimiri* (Kolombatovic) (*Blennius zvonimiri* Kolombatovic, *Bl. ponticus* Stastenenko) – буря морская собачка

Tripterygiidae – троеперые

171. *Tripterygion tripteronotus* (Risso) – троепер

Scorpaenidae – скорпеновые

172. *Scorpaena notata Rafinesque* (*S. notata afimbria* Stastenenko) – скорпида

173. *Scorpaena porcus* L. – скорпида, морской ерш

Triglidae – тригловые

174. *Aspitrigla cuculus* (L.) (? *Trigla pini* Bloch) – красная тригла

175. *Eutrigla gurnardus* (L.) (*Trigla gurnardus* L.) – серая тригла

176. *Trigla lucerna* L. (*T. corax* Bonaparte) – морской петух, карандич

Dactylopteridae (Cephalacanthidae) – долгоперые

177. *Dactylopterus volitans* (L.) (*Cephalacanthus volitans* L.) – долгопер. Пойман в Одесском заливе в 1975 г. [36]. Не указывается FNAME в Черном море (p. 1285)

Scophthalmidae – ромбовые

178. *Scophthalmus rhombus* (L.) – ромб. камбала-ромб

179. *Psetta maxima maeotica* (Pallas) (*Scophthalmus maeoticus maeoticus* (Pallas), *Sc. ponticus* Ninni) – калкан, тюрбо

180. *Psetta maxima torosa* (Rathke) (*Scophthalmus maeoticus torosus* (Rathkes)) – азовский калкан

Bothidae – боргусовые

181. *Arnoglossus kessleri* Schmidt (*A. grohmanni* (Bonaparte)) – арноглот

Pleuronectidae – камбаловые

182. *Platichthys flesus luscus* (Pallas) – глосса

Soleidae – солевые

183. *Buglossidium luteum* (Risso) (*Solea lutea* Risso) – желтая соля. Впервые указывается для Черного моря (Clofnam, p. 631; FNAME, p. 1311)

184. *Solea vulgaris Quensel* (*S. solea* authors) – соля. Впервые указывается для Черного моря (Clofnam, p. 628; FNAME, p. 1323)

185. *Solea nasuta* (Pallas) (*S. lascaris nasuta* (Pallas)) – соля, носатая соля, морской язык

Balistidae – спинороговые

186. *Balistes carolinensis* Gmelin (*B. capricornis* Gmelin) – спинорог

Gobiesocidae – уточковые

187. *Diplecogaster bimaculata euxinica* Murgoci (*D. bimaculatus bimaculatus* Bonnatere) – уточка, пятнистая присоска

188. *Lepadogaster candollei* Risso (*L. decandollei* Risso) – уточка

189. *Lepadogaster lepadogaster lepadogaster* (Bonnaterre) – присоска
 190. *Apletodon dentatus bacescui* (Murgoci) (*A. microcephalus bacescui* (Mirgoci)) – аплетодон
Lophiidae – удильщиковые
 191. *Lophius budegassa* Spinola – чернобрюхий удильщик. Не указывался в Черном море. Указывается FNAME (p. 1362)
 192. *Lophius piscatorius* L. – удильщик

К настоящему списку нужны некоторые пояснения и замечания по принятой номенклатуре и отличиям от новейших данных [116]. Они связаны с тем, что, с одной стороны, в отечественной литературе не отмечались дополнения к ихтиофауне Черного моря, приведенные в новейшей сводке [116], а с другой – в эту капитальную монографию не вошли некоторые новые данные по черноморской ихтиофауне из отечественной литературы. Согласно использованным в указанной монографии (FNAME) ревизиям систематики ряда семейств в данном списке уточнены, с изменениями таксономического статуса, наименования многих видов ихтиофауны Черного моря. При уточненных наименованиях показаны в скобках основные заменяемые названия, использовавшиеся в предшествовавших публикациях. Это касается 71 вида рыб следующих 18 семейств: Clupeidae (№20, 21), Engraulidae (№25), Atherinidae (№54), Syngnathidae (№61, 62, 65, 67, 69), Mugilidae (№71–78), Carangidae (№88, 89), Sparidae (№95–97, 102–104), Sciaenidae (№105, 106), Labridae (№115–119), Callionymidae (№159, 160), Blenniidae (№162, 165, 166, 168–170), Triglidae (№174–176), Dactylopteridae (№177), Scopthalmidae (№179, 180), Soleidae (№183–185), Gobiesocidae (№187, 188) – по FNAME; Gobiidae (№130, 134, 135, 138, 139, 141, 147, 154, 156) – по Пинчуку [72, 73] и FNAME [116], Бергу [4] и Световидову [87], Centranchidae (№90–93) – по Салеховой [83].

В монографии FNAME [116] указываются и не отмеченные в ихтиофауне Черного моря в отечественной литературе следующие 13 видов 10 семейств: №5. *S. squatina* (Squatidae); №8. *G. atlavella* (Gymnuridae); №62. *S. acus*; №68. *H. hippocampus* (Syngnathidae); №99. *D. vulgaris*; №100. *O. melanura* (Sparidae); №105. *A. regius* (Sciaenidae); №109. *M. surmuletus* (Mullidae); №167. *P. incognitus* (Blenniidae); №183. *B. luteum*; №184. *S. vulgaris* (Soleidae); №190. *A. dentatus bacescui* (Gobiesocidae); №191. *L. budegassa* (Lophiidae).

В то же время не показаны FNAME для Черного моря указываемые в отечественной литературе многие виды рыб. В их числе следующие 13 собственно морских видов 10 семейств рыб: №3. *Sc. canicula* (Scyliorhinidae); №4. *Sph. zygaena* (Sphyrnidae); №86. *L. amia*; №87. *N. ductor* (Carangidae); №90. *C. cirrus* (Centranchidae);

№110. *C. chromis* (Pomacentridae); №111. *E. naucrates* (Echeneidae); №123. *L. caudatus* (Trichiuridae); №127. *E. alleteratus* (Scombridae); №133. *B. ctenolepidus magistri*; №135. *G. auratus*; №156. *P. pictus adriaticus* (Gobiidae); №177. *D. volitans* (Dactylopteridae).

Вовсе нет встречающихся в Черном море солоноватоводных, проходных и выходящих в прибрежные воды видов собственно пресноводных семейств: Percidae (№79–84), Cyprinidae (№30–47), Esocidae (№27), Siluridae (№42), Poeciliidae (№57), Centrarchidae (№78), тогда как описываются встречающиеся в Средиземном море и в морях Северной Атлантики пресноводно-проходные и солоноватоводные виды: Cyprinodontidae (*Aphanius* spp.) и Salmonidae (*Coregonus* spp., *Stenodus*, *Oncorhynchus* spp.).

Как видно из списка, в ихтиофауне Черноморско-Азовского водоема насчитывается в настоящее время до 192 видов и подвидов рыб разного генезиса и экологии. Она содержит 132 вида и подвида собственно морских, 22 солоноватоводных, 25 проходных и полупроходных, 14 случайно выходящих в море собственно пресноводных рыб. Сложный состав ихтиофауны [43, 79, 81, 91] определяется историей ее формирования и особенностями условий существования в уникальном по структуре и истории меромиктическом водоеме Черного моря [25, 37, 79, 81, 93, 118]. Собственно морская ихтиофауна Черного моря содержит две группы, различающиеся экологией и генезисом. Преобладающая группа – 177 субтропических и тропических видов, обитающих преимущественно в прогреваемом приповерхностном слое, представляет, по существу, обедненный дериват собственно средиземноморской ихтиофауны [141], сформировавшейся геологически недавно, в условиях потепления, происходящего в послеледниковой эпохе в течение 8–10 тысяч лет нашего времени. Только немногие виды этой группы образовали в Черном море эндемичные подвиды средиземноморских видов, большей частью описанные сперва как валидные виды; всего несколько принимаются сейчас в качестве таковых. Это самая поздняя по времени вселения в Черное море часть его ихтиофауны, продолжающая пополняться через Босфор из Средиземного моря, увеличивая "медитеранизацию" [78] Черного моря. Довольно полные списки ихтиофауны, известной для Черного моря до 60-х годов [81, 87, 91, 95, 96, 110], дополнились 16 видами 12 семейств рыб этой группы, впервые отмечаемых в Черном море [19, 25, 26, 35, 65, 73, 105]: *S. squatina* (Squatinae), *G. altavela* (Gymnuridae), *S. acus*, *H. hippocampus* (Syngnathidae), *C. cirrus* (Centrarchidae), *D. vulgaris*, *O. melanura* (Sparidae), *A. regius* (Sciaenidae), *M. surmuletus* (Mullidae), *L. caudatus* (Trichiuridae), *G. auratus*, *N. ce-*

phalargoides (Gobiidae), *P. incognitus* (Blenniidae), *D. volitans*, *B. luteum* (Soleidae), *L. budegassa* (Lophidae). Вторая группа собственно морских видов рыб Черного моря невелика и существенно отличается по своей экологии и генезису от преобладающей субтропическо-тропической группы. Ее составляют 12 бореальных видов 9 семейств: *Sq. acanthias* и *Sq. blainvillei* (Squalidae), *R. clavata* (Rajidae), *S. sprattus* (Clupeidae), *M. merlangus euxinus* и *G. mediterraneus* (Gadidae), *M. merluccius* (Merlucciidae), *G. ciccerellus* (Ammodytidae), *G. aculeatus* (Gasterosteidae), *Sc. rhombus*, *Ps. maxima* (Scophthalmidae), *Pl. flesus* (Pleuronectidae). Эти виды и их подвиды распространены и довольно многочисленны также западнее Средиземного моря в примыкающих к Юго-Западной Европе бореальных Лузитанских водах Атлантического океана и частично в Балтийском море. Эта группа формировалась при похолодании вод в ледниковый период [5], когда в конце плейстоцена – начале голоцена происходило повышение уровня Атлантического океана, поступление его вод и распространение ихтиофауны в Средиземное море и соединившееся с ним через Дарданеллы Черное море. В это время южная граница оледенения на востоке Атлантического океана была около 52° с. ш. и воды Лузитанского района океана (от Северо-Западной Африки до южной части Северного моря), Средиземного и Черного морей были охлаждены и содержали бореальную фауну, реликты которой и представлены в фауне Черного моря.

Бореально-атлантические реликты многочисленны сейчас в Черном море, главным образом в охлажденном подповерхностном слое, имеющем постоянную температуру 6–8°C [80, 92], распространяясь в приповерхностный слой во время зимнего охлаждения. В конце похолодания – начале современного потепления, обусловившего расхождение в Атлантическом океане умеренно тепловодных видов к северу и к югу от образовавшейся тропической зоны [5], ихтиофауна Черного моря пополнилась и несколько более теплолюбивыми умеренно тепловодными битемперантными (антитропическими) видами – анчоусом и сардиной (*E. encrasicolus*, *S. pilchardus*), обитающими уже в прогреваемом в летнее время верхнем слое вод Черного моря.

Формирование этих групп ихтиофауны Черного моря происходило в последние 10 тысяч лет антропогена, когда уже в нашу эпоху Черное море вновь было протоком соединено со Средиземным.

Предшествовала этому времени плювиальная эпоха многоводья и разлива рек в одном из межледниковий, когда обособленные

от Средиземного моря Черное и Каспийское моря представляли собой почти пресные или пресные озера-моря [37; 118]. Каспийское море в это время (1,5–2 млн лет назад) было огромным Акчагыльским морем [80, 81]. Именно тогда, вероятно, ихтиофауна северных речных систем получила возможность массового выхода в прибрежные воды этих водоемов для откорма, что способствовало формированию анадромных полупроходных и проходных видов. Эта группа рыб, встречающихся в Черном и Азовском морях, содержит 32 вида и подвида, в том числе *Acipenseridae* (6), *Salmonidae* (1), *Cyprinidae* (18), *Esocidae* (1), *Siluridae* (1), *Percidae* (*A. schraetser*, *P. fluviatilis*, *St. lucioperca*), *Centrarchidae* (1), *Poeciliidae* (1). Проходные анадромные виды и подвиды *Clupeidae* (*Alosa*, 3 + 3) имеют, вероятно, несколько иное, более древнее происхождение, как это показано ниже.

Совершенно своеобразную группу ихтиофауны представляют солоноватоводные рыбы. Это общая по происхождению понто-каспийская группа видов Черного и Каспийского морей, более многочисленная в Каспийском море, так называемая каспийская фауна Черноморско-Азовского водоема [37, 62, 63], почти отсутствующая в Средиземном море. В Черном море ее составляют преимущественно эндемические подвиды и общие с Каспием виды *Gobiidae* (*Neogobius* – 9 видов, *M. batrachosephalus*, *P. marmoratus*, *B. brauneri*, *B. stellatus*, *B. ctenolepidus*, *P. (Bubyr) caucasicus*, *C. caspium*, *K. longicaudata*, *C. cultiriventris* (*Clupeidae*), *St. marinum* и 2 подвида *Percarina* (*Percidae*), *P. platygaster* (*Gasterosteidae*)) – всего 22 подвида и вида [72, 73, 81, 87, 91]. Это реликты солоноватоводного нижнеплиоценового Понтического озера-моря, собственно Понто-Каспийского водоема, существовавшего в течение 4,5–5 млн лет до н.э. Понтическому морю предшествовал водоем Меотис (5–10 млн лет до н.э.), переходный от Сарматского моря, которое возникло из Паратетиса – обособившейся части океана Тетис около 15,5 млн лет до н.э. [118]. Фауна Сарматского моря была чисто морской, преемственной от фауны Тетиса, включавшей *Mugilidae*, *Scombridae*, *Sparidae*, *Sciaenidae*, *Soleidae* [7, 19].

Но в составе ихтиофауны Черного моря имеется и еще более древний компонент – реликты фауны Тетиса. Океан Тетис, включавший области будущих Средиземного, Черного и Каспийского морей, простирался от юго-западных вод Тихого океана через Индийский океан и Юго-Западную Европу до Атлантического океана. В водах Тетиса в миоцене (15–20 млн лет до н.э.) распространялась в Атлантический океан Индо-

Западнотихоокеанская фауна [112, 114]. Реликтами Тетиса и частично сменившего его Сарматского моря, вероятно, являются сельдевые рода *Alosa*, происходящие из вод Юго-Восточной Азии [133], некоторые роды *Gobiidae* (*Gobius*), *Blenniidae*, *Labridae*, *Sparidae* [114, 130], возможно, *Zeus* и *Trigla*, также распространявшиеся из вод Юго-Восточной Азии [5, 87], и *Chogmis*, виды которого имеют подобный же характер распространения.

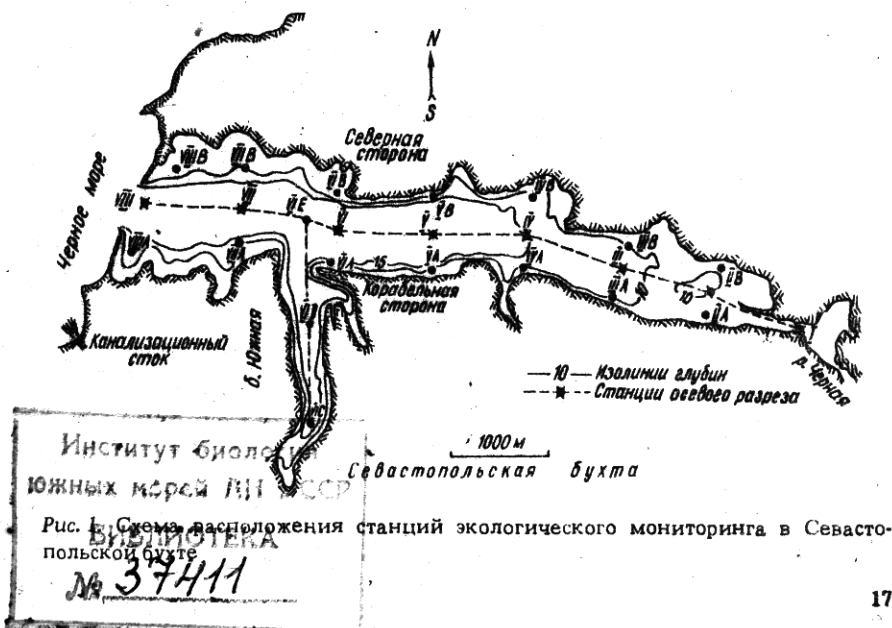
Ихтиофауна Черного моря содержит реликты важных этапов геологической истории водоема, выжившие благодаря наличию в его составе соответствующих водных масс. В меромиктическом (многослойном) водоеме Черного моря имеются водные массы разных температурных и соленостных характеристик [37, 81, 93], частично сохранивших, по-видимому, особенности некоторых этапов сложной истории водоема, что и могло способствовать выживанию их фауны. Воды верхнего слоя Черного моря прогреваются в летнее время до температуры выше $+25^{\circ}\text{C}$ (охлаждаясь зимой до $6-7^{\circ}\text{C}$), а подповерхностный слой, от глубины 50 до 100 м, имеет постоянную температуру $6-8^{\circ}\text{C}$. Соленость открытых частей моря 17–18‰, а в прибрежных районах, особенно в северо-западной части моря, в Каркинитском заливе, у Керченского пролива, в лиманах и предустьевых участках моря снижается до 3–4‰ и до полного распреснения [9, 12].

Таким образом, в разных частях Черного моря имеются благоприятные условия для морских субтропических и морских бореальных, солоноватоводных и пресноводно-проходных видов рыб. При этом связь с полносолёным тепловодным Средиземным морем через Босфор и Мраморное море на юго-западе и слабосоленым (10–12‰) Азовским морем через Керченский пролив на севере, при наличии впадающих в Черное море рек (особенно Дуная), дополнительно обеспечивает возможность существования разных экологических групп ихтиофауны в Черном море.

2. ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ

Севастопольская бухта как объект для океанологических исследований представляет собой эстуарий, характеризующийся сбросом пресных вод в частично замкнутый объем морской воды, в пределах которого морская вода разбавляется пресной водой, стекающей с суши (рис. 1). Общий вид горизонтальной и вертикальной циркуляции представлен на рис. 2, а, б и является типичным для такого типа эстуариев [48].

Одной из основных классификационных характеристик для эстуариев является наряду с морфометрическим строением тип вертикальной стратификации. Севастопольская бухта в данном отношении вследствие малых вертикальных градиентов солености (рис. 3) является слабостратифицированной, в отличие, например, от эстуариев по типу фиорда. По степени перемешивания бухта относится к объектам с непривливной циркуляцией, являющейся результирующей действия силы



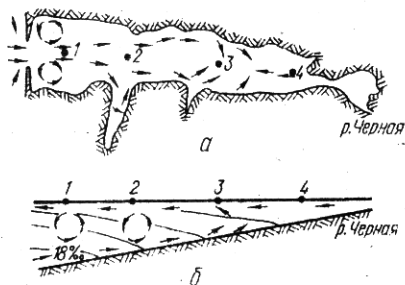


Рис. 2. Схема общего вида горизонтальной (а) и вертикальной (б) составляющих циркуляции в Севастопольской бухте

тяжести и вертикального перемешивания, действия касательного напряжения ветра и постоянно действующего механизма подтока придонной соленой морской воды и стока р. Черной, распространяющегося в поверхностном слое (рис. 3).

Морфометрические параметры бухты (табл. 1) определялись посредством измерений плана бухты комбинированным интегратором КИ-3 на карте масштаба М 1:25000 проекции Меркатора.

Для экологических обследований полезными могут быть величины площадей дна Севастопольской бухты между фиксированными изобатами, приведенные ниже (для Южной бухты вычисления площади дна не проводились):

Изобаты, м	Площадь дна, км ²
0 ÷ 5	1,383
5 ÷ 10	1,617
10 ÷ 15	1,814
15 ÷ дно	2,530

Средние линейные размеры бухты в целом 7000x850x12 м.

В работе Хоролича [104] приводится расчет водообмена мелководного залива с морем. Рассматриваемая им бухта имела средние размеры: длина 10000 м, ширина 1000 м, глубина 10–15 м, что соотносится с размерами анализируемой нами бухты. Показано, что основным фактором, формирующим поле течений, является ветер, работы которого на протяжении не-

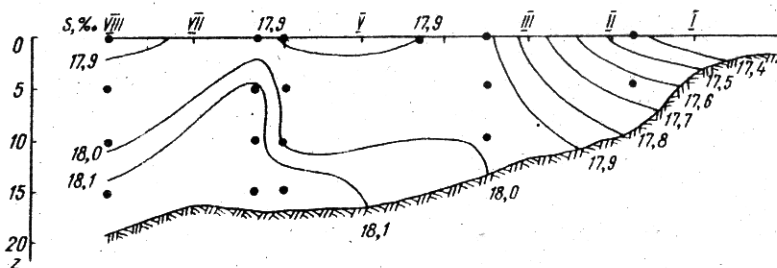


Рис. 3. Распределение солености морской воды в Севастопольской бухте (10.00 27.03.90)

скольких часов достаточно для установления ветровых течений. Используя линейную стационарную модель мелкого моря Фельзенбаума [102], Хоролич [104] для различных направлений и скоростей ветра рассчитал величину водообмена бухты до и после строительства молов. Оказалось, что величина водообмена бухты с морем после постройки молов (W_1) уменьшилась в среднем за год (как функция от среднегодовых направлений и скорости ветра) на 40–70% и составляет примерно $245 \text{ м}^3/\text{с}$, до постройки молов эта оценка (W_2) равнялась примерно $495 \text{ м}^3/\text{с}$. Форма и расположение молов совпадают с конфигурацией анализируемой нами бухты.

Используя приведенные выше результаты работы Хоролича [104] и полученные нами параметры морфометрии Севастопольской бухты (табл. 1), мы оценили характерное время "полного" обмена воды в бухте $T = V_{0-z}/W_{1,2}$ до и после строительства молов: $T_2 = 50 \text{ ч}$, $T_1 = 98 \text{ ч}$, т. е. время "полного" обмена воды в бухте достаточно мало.

Репрезентативность полученных оценок водообмена не вызывает сомнения, однако из малости их величин следует важный вывод: имеющиеся объективные оценки водообмена бухты с морем не отражают истинную экологическую картину динамики вещества и энергии и при их получении не учитываются в полной мере формирующие ее механизмы.

Нами разработана схема станций экологического мониторинга, наблюдения на которой позволяют выявить основные закономерности динамики, распределения, солености и трансформации речного стока р. Черная в акватории Севастопольской бухты (рис. 1).

Всего было выполнено 9 батометрических съемок в течение 1990 г. на 20 станциях на горизонтах 0, 5, 10, 15 м и дно. Так, в районе станций VIIA – VIIA и VIIIB – VIIIB за счет притока соленой черноморской воды ($S = 18,0\text{--}18,2\text{‰}$), конфигурации молов и трансформации речного стока формируются устойчивые вихревые образования (см. рис. 2). Скорость "входного" течения составляет 40–50 см/с (по данным поплавочных измерений скорости и направления течений на входе бухты) и поддерживается в условиях малоградиентного барического поля со скоростями ветра 3–5 м/с.

Таблица 1. Морфометрические параметры Севастопольской бухты (S/V_z)*

Глубина, м	б. Севастопольская (исключая б. Южную)	б. Южная
0	7,35/0,079	0,61/0,0071
5	5,63/0,046	0,54/0,0054
10	4,46/0,021	0,40/0,0020
15	2,54/0,0037	0,21/0,003

*S – площадь в км^2 на данной изобате; V_z – объем в км^3 от данной изобаты до дна.

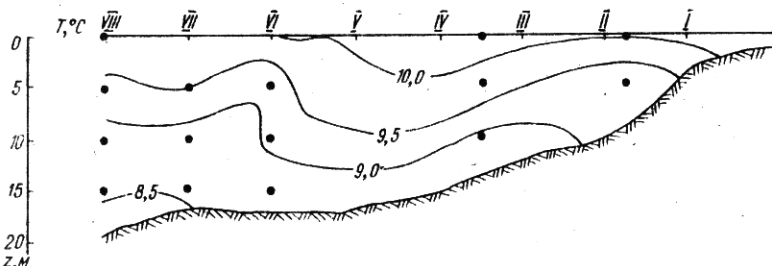


Рис. 4. Распределение температуры морской воды в Севастопольской бухте (10.00 27.03.90)

Вследствие этого стоковые воды городской канализации в объеме около $3-6 \text{ м}^3/\text{с}$, выпускаемые вне бухты в районе станции VIIA (рис. 1 – канализационный сток), беспрепятственно распространяются на вход бухты и далее согласно приведенной на рис. 2, а схеме течений (по данным четырех поплавочных экспериментов при различных направлениях и скоростях ветра).

Значительный вклад в водообмен бухты вносит р. Черная. Ее распресненная и более теплая вода формирует постоянно действующее течение, направленное с востока на запад по оси бухты. Подток черноморский вод, имеющих более высокую соленость и трансформирующихся в придонной части бухты, замыкает общий круговорот воды в бухте в вертикальной плоскости.

В весенние месяцы нарушение общей схемы трансформации воды в Севастопольской бухте вызывает возрастание водообмена между Южной и Севастопольской бухтами (Северная сторона). Рельеф Южной бухты, где средние глубины достигают 16–17 м, сказывается в более медленном прогреве воды, что отчетливо прослеживается на рис. 4 в районе станции VI в виде хорошо выраженной внутренней волны.

В остальные сезоны года режим Южной бухты не отличается от режима Севастопольской бухты, что приводит к увеличению стагнационных процессов.

Результаты натурных экспериментов не выявили значимого вклада теплового стока Севастопольской ГРЭС в формирование теплового режима всей бухты, однако, как будет показано ниже, в осенний период в районе стока ГРЭС отмечается максимум концентрации личинок придонных видов рыб.

Полученная информация об особенностях формирования вертикальной и горизонтальной структуры поля течений в дальнейшем используется при анализе и оценке численности

икринок и личинок рыб в Севастопольской бухте.

Гидрохимические исследования проводили в период с марта 1990 г. по январь 1991 г. на пяти станциях (рис. 1): VIII – вход в бухту; VIB – Северная сторона; VID – бухта Южная; IIIA – ГРЭС; II – район р. Черной, с целью оценить особенности пространственно-временной изменчивости солености морской воды (S, ‰), содержания водородных ионов (pH), биологического потребления кислорода (БПК, мл/л), содержания растворенного кислорода (O₂, мл/л), минерального фосфора (PO₄³⁻, мкг/л), нитратов (NO₃⁻, мкг/л), нитритов (NO₂⁻, мкг/л) и ее влияния на распределение численности ихтиопланктона в Севастопольской бухте.

Данные временных рядов наблюдений за изменчивостью гидрохимических параметров в указанных точках Севастопольской бухты на промежутке годового хода аппроксимировались рядом Фурье [18] (табл. 2).

Таблица 2. Оценки среднемесячных значений гидрохимических параметров в Севастопольской бухте на горизонте 0 м

Год, месяц	Станция				
	VIII	VIB	VID	IIIA	II
pH					
1990 г. III	8,42	8,45	8,41	8,45	8,44
IV	8,40	8,40	8,37	8,38	8,34
V	8,29	8,30	8,29	8,35	8,29
VI	8,05	8,05	8,04	8,05	8,08
VII	8,02	8,01	8,05	8,04	8,03
VIII	8,06	8,09	8,18	8,06	7,98
IX	8,09	8,09	8,08	8,05	7,88
X	8,12	8,11	8,13	8,13	8,08
XI	8,25	8,26	8,26	8,36	8,31
XII	8,33	8,33	8,27	8,25	8,21
1991 г. I	8,40	8,40	8,41	8,46	8,35
O ₂					
1990 г. III	8,89	7,48	7,52	7,53	7,32
IV	7,43	8,04	8,79	8,53	7,93
V	8,01	6,84	6,75	7,00	6,20
VI	7,94	7,78	7,61	7,75	7,46
VII	7,14	7,72	7,30	7,79	7,66
VIII	7,62	7,09	7,39	7,26	6,46
IX	8,78	7,34	7,09	6,79	6,11
X	6,85	6,85	6,85	6,36	6,04
XI	6,92	6,91	6,43	5,93	5,93
XII	6,86	6,86	6,73	6,00	6,03
1991 г. I	5,95	5,95	5,72	5,65	5,90

Год, месяц	Станция				
	VIII	VIB	VID	IIIА	II
PO_4^{3-}					
1990 г. III	0,61	1,54	0	0,61	1,05
IV	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0
VI	0	0	0	0	0
VII	0	0	0	0	0
VIII	0,45	0,45	1,25	2,50	2,90
IX	1,55	1,55	9,30	16,40	15,90
X	3,85	3,90	3,70	22,40	13,20
XI	3,20	3,30	3,60	10,60	11,90
XII	3,00	2,75	3,30	12,50	15,00
1991 г. I	5,70	5,70	8,10	19,80	21,17
NO_2^-					
1990 г. III	2,10	2,55	1,70	1,75	1,40
IV	1,70	3,50	1,70	2,10	4,55
V	3,23	2,50	3,00	2,90	5,70
VI	1,20	0,45	1,20	1,65	1,29
VII	0	0	0	0,59	0
VIII	0	0	0,45	0,90	0,7
IX	0,45	0,45	0,90	1,75	2,30
X	1,30	1,25	1,32	2,30	2,33
XI	1,20	1,16	1,40	2,75	2,70
XII	2,55	2,56	2,56	3,95	3,95
1991 г. I	4,20	4,40	7,30	4,30	4,75
NO_3^-					
1990 г. III	4,55	7,40	4,30	5,10	6,00
IV	6,30	4,60	12,50	12,50	7,50
V	4,00	3,40	5,80	5,80	4,00
VI	4,35	5,50	9,15	6,80	8,10
VII	2,50	5,30	12,70	18,00	15,80
VIII	6,27	7,90	6,26	6,26	10,20
IX	7,40	6,00	5,85	3,50	7,70
X	6,30	6,10	6,30	15,40	17,30
XI	8,40	8,40	16,30	26,50	28,00
XII	9,30	10,80	15,00	19,10	18,00
1991 г. I	15,00	15,40	19,00	19,10	22,00

При аппроксимации использовались оценки среднемесячных значений параметров, полученные методом квантильного анализа по Тьюки [99]. Значения аппроксимированных оценок среднемесячных величин гидрохимических параметров осредняли по сезонам и строили карты сезонного распределения гидрохимических параметров по акватории Севастопольской бухты [17].

На рис. 5–8 представлено пространственное распределение

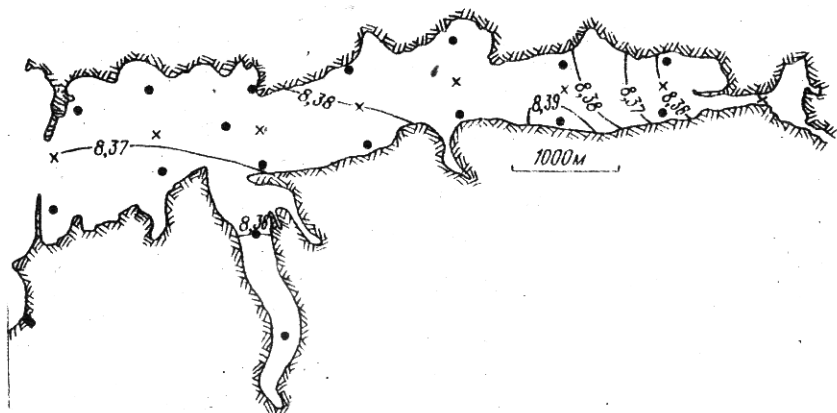


Рис. 5. Распределение водородных ионов pH в весенний период (III-V) в Севастопольской бухте

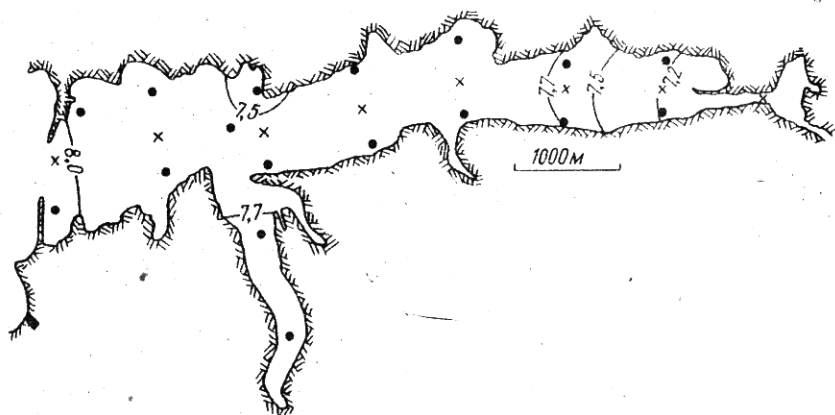


Рис. 6. Распределение растворенного кислорода O_2 (мл/л) в весенний период (III-V) в Севастопольской бухте

содержания pH, O_2 , PO_4^{3-} и NO_3^- на поверхностном горизонте по сезонам. Из рисунков следует, что количественное изменение содержания указанных выше ингредиентов носит в основном сезонный характер. Так, соотношение долей дисперсий (в %), отнесенных к изменчивости ингредиентов по времени и к пространственной изменчивости для солености, кислорода, водородных ионов, определяется как $90/10 \div 80/20$. Для биогенных элементов это соотношение не выполняется. В весенне-осенний период величины концентрации биогенных элементов (рис. 7, 8) в несколько раз больше в устье р. Черной по

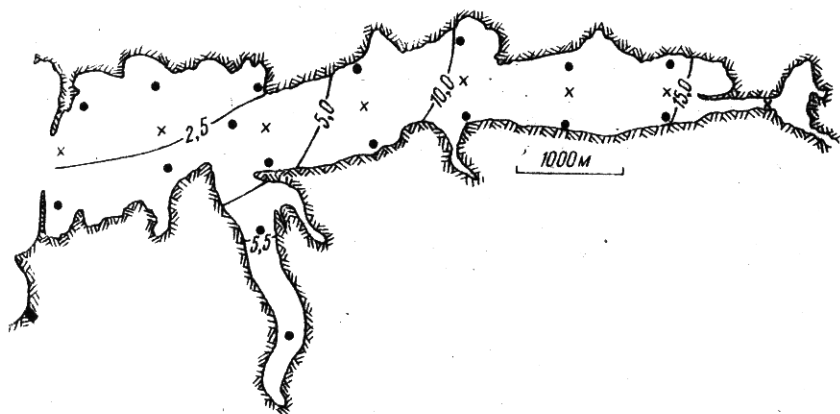


Рис. 7. Распределение фосфатов PO_4^{3-} (мкг/л) в весенний период (III–V) в Севастопольской бухте

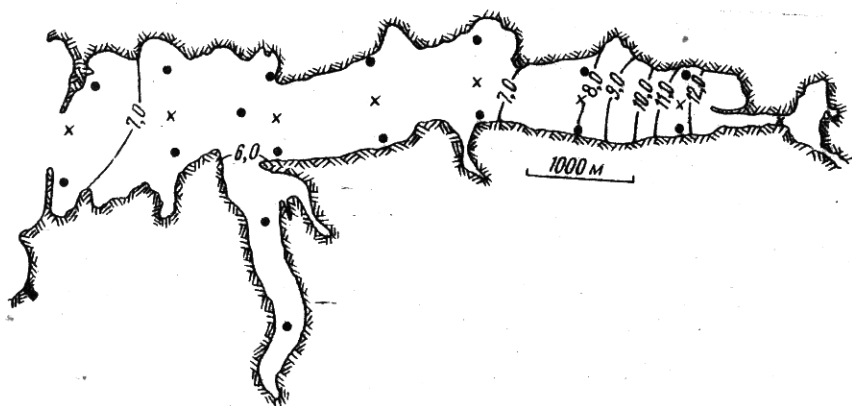


Рис. 8. Распределение нитратов NO_3^- (мкг/л) в весенний период (III–V) в Севастопольской бухте

отношению к району у входа в Севастопольскую бухту, что связано с поступлением в бухту биогенных элементов с суши с речным стоком.

Наиболее неблагоприятная ситуация отмечена в летний сезон в районе станций у ГРЭС (кутовой части бухты), где наблюдается повышенное содержание нитратов, а также содержание бактерий (микробное число), превышающее ПДК в 5–7 раз.

Полученные распределения гидрохимических параметров за исследованный период дают основания охарактеризовать Севастопольскую бухту как олиготрофный район.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ ЗООБЕНТОСА В БУХТАХ, РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ ПО СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

При изучении состояния прибрежных ихтиоценозов важным моментом является оценка кормовой базы. Для многих прибрежных видов рыб, в том числе промысловых, организмы зообентоса являются одним из основных компонентов рациона. Получение фактических данных о видовой структуре донных биоценозов, количественных характеристик входящих в них видов, выявление пространственных и временных особенностей в распределении бентоса создают возможности для более объективного прогнозирования изменений в ихтиофауне исследуемых районов. Кроме того, исследование макрозообентоса в санитарно-биологическом аспекте позволяет оценить степень антропогенного (нефтяного и др.) загрязнения изучаемых акваторий, прогнозировать ущерб для ихтиологической компоненты прибрежных систем.

3.1. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исходя из вышеуказанных предпосылок, в Севастопольской бухте параллельно с ихтиологическими исследованиями было проведено комплексное изучение макрозообентоса. На протяжении 1990 г. сделаны посезонные бентосные съемки в пяти контрольных участках бухты (рис. 9). Выбор местоположения станций определялся возможностью адекватного сопоставления результатов с данными ихтиологических и иных исследований, полученных синхронно в этих же точках и связанных едиными задачами санитарно-экологической оценки экосистемы бухты.

Отбор проб бентоса производили дночерпателем Петерсена (площадь захвата $0,08 \text{ м}^2$) в трех повторностях на каждой станции, макрозообентос отмывали на установке из двух сит с отверстиями диаметром 5 и 0,75 мм. Пробы мейобентоса от-

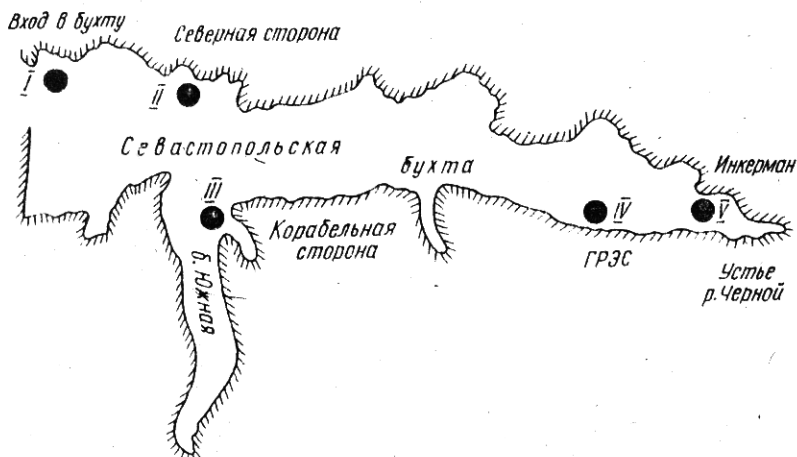


Рис. 9. Схема станций отбора проб в Севастопольской бухте:

I — у выхода из бухты; II — район Северной стороны; III — Южная бухта; IV — район ГРЭС; V — устье р. Черной

бирали с помощью рамки из плексиглаза размером 10x10 см с высотой бортов 7 см, которой вырезали монолит грунта глубиной 3 см из дночерпательной пробы, затем промывали их через мельничный газ и фиксировали спиртом. Обработка проб мейобентоса выполнена С. У. Авдеевой. Всего за годовой период исследований в Севастопольской бухте собрано 57 проб.

При расчетах количественных показателей обилия макрозообентоса определяли средние значения на каждой станции. Помимо основных показателей (численность, биомасса, встречаемость) в ходе сравнительной оценки состояния донных сообществ в разных районах бухты проведен анализ показателя функционального обилия [53], рассчитаны коэффициенты общности видов Жаккара — Алехина [4], рассмотрены изменения индекса видового разнообразия Шеннона [57] в пространственном аспекте. Построены кривые доминирования — разнообразия и графики зависимости числа видов от числа особей [67]. Для некоторых ведущих видов рассчитан весовой индекс смертности [70], проведен сравнительный анализ размерной структуры поселений и танатоценозов из разных районов бухты, различающихся по степени загрязнения. Результаты исследования сопоставляли с данными, полученными в районе Севастополя в предыдущие годы.

3.2. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

3.2.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ДОННЫХ ОСАДКОВ

Донные отложения – это не только основной абиотический фактор среды обитания, но и источник питания для организмов бентоса. Поэтому от физико-химических характеристик донных осадков зависят состав и состояние бентосных сообществ, а в конечном итоге – присутствие тех или иных видов бентосоядных рыб. Донные осадки на исследованных участках бухты представлены алевроитовыми и пелитовыми илами с натуральной влажностью 41,47–60,28% во внешней части бухты (станции I и II), 45,32–58,23% в вершине (станции IV и V) и 57,00–71,00% на станции III у выхода из бухты Южной. На станциях III и IV илы имеют отрицательный окислительно-восстановительный потенциал на протяжении всего года: Eh от –24 до –74 мВ в зимне-весенний период и от –89 до –149 мВ в летне-осенний. На станциях I, II и V окислительно-восстановительный потенциал донных осадков зимой и весной положительный (Eh от +1 до +71 мВ), а летом и осенью – отрицательный (Eh от –19 до –179 мВ), и только на станции I осенью Eh составляет +61 мВ. Активная реакция среды в донных осадках на всех станциях и во все сезоны изменялась незначительно (рН 7,96–8,42).

Содержание белковоподобных соединений в илах на всех станциях меняется незначительно и составляет 0,08–0,29 г/100 г. Углеводоподобные соединения в большем количестве присутствовали в грунтах на станции III (0,69–1,01 г/100 г) по сравнению с другими районами бухты (0,49–0,82 г/100 г). На этой же станции отмечалась более высокая концентрация липидоподобных соединений (0,98–1,39 г/100 г), тогда как на других участках бухты их содержание различалось незначительно (0,12–0,37 г/100 г). В условиях постоянного загрязнения бухты в ее донных осадках происходит накопление хлороформного битумоида (ХБ). Концентрация углеводородов и ХБ в илах ниже у выхода из бухты (станция I) и в ее кутовой части (месте впадения р. Черной, станция V) – 0,11–0,43 г/100 г. На станции IV углеводороды и битумоид накапливаются в количестве 0,43–0,89 г/100 г, а наиболее загрязнены илы на станции III, где концентрация данных соединений возрастает до 2,11–3,22 г/100 г.

3.2.2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗООБЕНТОСА

При анализе мейобентоса учитывались следующие группы: Nematoda, Nemertini, Polychaeta, Oligochaeta, Harpacticoida (табл. 3). На всех станциях преобладали нематоды, численность которых осенью в основном возрастала и могла достигать 58 тыс. экз./м². Численность немертин и олигохет не превышала 5 тыс. экз./м², мейобентосных полихет – 1 тыс. экз./м². Гарпактициды чаще встречались на станциях I и IV, на станциях III и V – периодически, на станции II они не отмечены. Чис-

Таблица 3. Сезонные изменения численности мейобентоса в Севастопольской бухте (1990 г.), тыс. экз./м²

Сезон	Станция				
	I	II	III	IV	V
Nematoda					
Зима	—	12,0	—	2,0	4,5
Весна	3,5	22,5	5,5	4,5	3,6
Лето	3,3	4,5	3,1	3,5	8,5
Осень	14,8	2,7	23,0	58,0	35,5
Nemertini					
Зима	—	1,0	—	0	1,0
Весна	1,4	2,2	0,5	1,9	4,4
Лето	2,0	0,7	0,5	0	1,5
Осень	0,8	0	0,4	0,5	0,5
Polychaeta					
Зима	—	0,5	—	0,3	0,2
Весна	1,0	0,8	0,3	1,0	1,0
Лето	0,5	0	0	0,6	0,2
Осень	0,1	0	0	0,3	0
Oligochaeta					
Зима	—	3,5	—	1,0	1,5
Весна	3,0	4,8	0,5	1,5	4,5
Лето	1,7	1,0	0,3	0,3	1,6
Осень	0,6	0	0,9	1,5	0,4
Harpacticoida					
Зима	—	0	—	0,2	0
Весна	0,8	0	0,5	0,8	0
Лето	0,5	0	0	0	0
Осень	0,3	0	0,3	0,2	0,6

Примечание. Прочерк означает, что пробы мейобентоса не отбирались.

Таблица 4. Видовой состав макрозообентоса и встречаемость видов в Севастопольской бухте (1990 г.)

Вид	Станция					Встречаемость, %
	I	II	III	IV	V	
Annelida (Polychaeta)						
<i>Capitella capitata</i>	+ - - +	+++	+ - - +	+ - - +	- + - -	52,6
<i>Heteromastus filiformis</i>	+ - - +	- - +	- - - -	- + - +	+ + + +	47,4
<i>Polydora ciliata</i>	+ - + +	- - +	+ - - +	+ - - -	- - + -	52,6
<i>Spio</i> sp.	- - - -	+ - -	- - +	- - - -	- - - +	15,8
<i>Prionospio cirrifera</i>	+ - - -	- - -	- - -	- - - -	- - - -	5,3
<i>Nephtys hombergii</i>	+ + + +	- - -	- - - +	- - - +	- - + +	42,1
<i>Nereis succinea</i>	- - - +	+ - -	+ + - -	+ + + +	+ + - +	57,9
<i>N. diversicolor</i>	- - - -	- - -	- - +	- - - -	- - - -	5,3
<i>Nereis</i> sp.	- - - -	- - +	- - -	- - - -	- - - -	5,3
<i>Glycera</i> sp.	- - - -	- + +	- - - +	- - - +	- - - -	21,1
<i>Eteone picta</i>	- - - -	- - +	- - -	- - - -	- - - -	5,3
<i>Phyllodoce lineata</i>	+ - - -	- - -	- - -	- - - -	- - - -	5,3
<i>Harmothoe reticulata</i>	- - - -	- - -	- - -	+ - - -	- - - -	5,3
Aphroditidae	- - - -	- - +	- - -	- - - -	- - - -	5,3
Arthropoda (Crustacea)						
<i>Balanus improvisus</i>	- - - +	+++	+ + - -	+ + + +	+ - + +	68,4
<i>Sinisoma capito</i>	- - - -	+ - +	- - -	- - - -	- - - -	10,5
<i>Rhithopanopeus harrisi</i>	- - - -	- - -	- + - -	- - - -	- - - -	5,3
<i>Calionassa truncata</i>	- - - -	- - -	- - -	- - - -	- + - -	5,3
<i>Diogaenaes pugilator</i>	- - - -	- - +	- - -	- - - -	- - - -	5,3
<i>Crangon</i> sp.	- - - -	- - -	- - -	- - - +	- - - -	5,3
Mollusca						
<i>Tritia reticulata</i>	+ - + +	+++	+ + + +	+ + + +	+ - + +	89,5
<i>Bitium reticulatum</i>	+ + + +	+++	+ + - +	+ + - +	- - + -	73,7
<i>Hidrobia acuta</i>	- - - +	- - -	- - - +	- - - -	- + - +	21,1
<i>Rissoa parva</i>	- - - +	- - -	- - + -	- - - -	- - - -	10,5
<i>Caliptrea chinensis</i>	- - - -	- + +	- - -	- - - -	- - - -	10,5
<i>Citarella costata</i>	- - - -	+ - -	- - -	- - - -	- - - -	5,3
<i>Rapana thomassiana</i>	- - - -	- - -	- - -	+ - - -	- - - -	5,3
<i>Mytilaster lineatus</i>	- - + -	+++	- + - -	+ + - +	- - - -	42,1
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	+ - - -	+ - +	- - -	- - - -	- - - -	15,8
<i>Modiolus adriaticus</i>	- - - -	- + +	- - -	- - - -	- - - -	10,5
<i>Cerastoderma glaucum</i>	- - + +	- + +	- - + +	- - + -	+ + + +	63,2
<i>Parvicardium exiguum</i>	+ - - -	- + +	+ + - -	+ - - -	- - - -	36,8
<i>Abra ovata</i>	- - - -	- - -	- + - -	+ + + -	+ + + +	42,1
<i>A. nitida milachewichi</i>	- - - +	- - -	- - -	- - - -	- - - -	5,3
<i>A. renieri</i>	- - - -	- - +	- - -	- - - -	- - - -	5,3
<i>Chamelea gallina</i>	+ - + -	- + +	- - -	- - - -	- - - -	21,1
<i>Gouldia minima</i>	- - - -	- + +	- - -	- - - -	- - - -	10,5
<i>Pitar rudis</i>	- - - -	- + +	- - -	- - - -	- - - -	10,5
<i>Polititapes</i> sp.	- - - -	- - +	- - -	- - - -	- - - +	10,5
<i>Fabulina fabula</i>	+ - - -	+ - -	- - -	- - - -	- - - -	10,5
<i>Petricola lithophaga</i>	- - - -	+ - -	- - -	+ - - -	- - - -	10,5
<i>Loripes lucinalis</i>	- - - -	- - +	- - -	- + - -	- + - -	15,8
<i>Lucinella divaricata</i>	- - - -	- + +	- - -	- - - -	- - - -	10,5
<i>Moerella tenius</i>	- - - -	+ - -	- - -	- - - -	- - - -	5,3

Вид	Станция					Встречаемость, %
	I	II	III	IV	V	
<i>Mysella bidentata</i>	-----	----	-----	-+---	-----	5,3
<i>Irus irus</i>	-----	++-	-----	-----	-----	5,3

Примечание. Знак "+" указывает наличие вида в данном сезоне, знак "-" — отсутствие. На станции II наблюдения велись весной, летом и осенью.

ленность гарпактицид во всех случаях была значительно (на 1–2 порядка) ниже численности нематод, что является показателем загрязнения района. Количество различных групп мейобентоса в 1990 г. в летнее время в Севастопольской бухте существенно не отличалось от такового в 1985–1988 гг., но численность полихет и особенно нематод была значительно меньше, чем в 1982 г. [41]. Так как мейобентос является кормовой базой для ряда макробентосных организмов, которые, в свою очередь, служат пищей рыбам, то снижение численности мейобентосных форм ведет к общему уменьшению продуктивности акватории.

Таблица 5. Численность и биомасса макрозообентоса в Севастопольской бухте в 1990 г.

Вид	Станция				
	I	II	III	IV	V
<i>Tritia reticulata</i>	<u>10</u> 3,42	<u>70</u> 9,11	<u>34</u> 10,76	<u>95</u> 14,96	<u>24</u> 13,23
<i>Bittium reticulatum</i>	<u>32</u> 0,37	<u>154</u> 1,32	<u>63</u> 0,40	<u>34</u> 0,19	<u>4</u> 0,03
<i>Cerastoderma glaucum</i>	<u>27</u> 5,86	<u>141</u> 38,63	<u>6</u> 6,55	<u>6</u> 0,41	<u>88</u> 66,94
<i>Mytilaster lineatus</i>	<u>2</u> 0,01	<u>514</u> 48,37	<u>5</u> 0,11	<u>20</u> 0,98	—
<i>Abra ovata</i>	—	—	<u>2</u> 0,04	<u>11</u> 1,30	<u>41</u> 5,44
<i>Balanus improvisus</i>	<u>5</u> 0,09	<u>279</u> 11,55	<u>69</u> 3,24	<u>269</u> 13,44	<u>70</u> 3,12

Вид	Станция				
	I	II	III	IV	V
<i>Nereis succinea</i>	<u>1</u> 0,003	<u>4</u> 0,013	<u>7</u> 0,048	<u>48</u> 0,128	<u>18</u> 0,463
<i>Capitella capitata</i>	<u>35</u> 0,005	<u>24</u> 0,017	<u>13</u> 0,018	<u>4</u> 0,005	<u>3</u> 0,003
<i>Polydora ciliata</i>	<u>67</u> 0,085	<u>3</u> 0,003	<u>40</u> 0,015	<u>11</u> 0,005	<u>1</u> 0,002
<i>Heteromastus filiformis</i>	<u>81</u> 0,053	<u>7</u> 0,010	—	<u>3</u> 0,008	<u>124</u> 0,420
<i>Nephtys hombergii</i>	<u>24</u> 0,925	—	<u>1</u> 0,010	<u>1</u> 0,003	<u>5</u> 0,208
Прочие	<u>25</u> 0,45	<u>208</u> 53,78	<u>52</u> 0,95	<u>8</u> 13,88	<u>293</u> 2,02
Всего	<u>309</u> 11,27	<u>1404</u> 162,80	<u>292</u> 22,15	<u>50</u> 45,31	<u>671</u> 91,88

Примечание. Над чертой — численность, экз./м², под чертой — биомасса, г/м². Прочерк означает, что данный вид на станции не найден.

За период исследований на всех станциях в пробах макрозообентоса зафиксированы 26 видов моллюсков (19 видов *Bivalvia* и 7 видов *Gastropoda*); 6 видов ракообразных (6 семейств); 14 видов многощетинковых червей (7 семейств) (табл. 4). Анализ видового состава макрозообентоса позволил выделить 11 наиболее массовых видов, которые встречались более чем в 40% проб. Численность и биомасса макрозообентоса в различных районах бухты (средние значения для всех сезонов года) представлены в табл. 5.

Сезонные особенности изменений видового состава и количественных показателей бентоса отражены в табл. 6. Видно, что в теплый период года в связи с ухудшением общей санитарно-экологической обстановки в бухте на большинстве участков значительно (в 2–10 раз) снижаются биомасса и численность организмов макрозообентоса. Уменьшается также количество видов в пробах (от 12–23 в зимний период до 2–8 в весенне-летний). К осени биомасса бентоса увеличивается. В целом же количественные показатели обилия макрозообентоса в 1990 г. существенно не отличались от данных, получен-

Таблица 6. Сезонные изменения основных характеристик макрозообентоса (без учета видов-обрастателей) в разных районах Севастопольской бухты (1990 г.)

Станция	Сезон	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Количество видов
I	Зима	465	11,62	12
	Весна	32	0,76	2
	Лето	151	5,54	8
	Осень	559	25,57	11
II	Зима	—	—	—
	Весна	153	59,91	11
	Лето	991	113,78	21
	Осень	749	119,38	23
III	Зима	314	6,30	7
	Весна	262	27,20	8
	Лето	19	2,46	2
	Осень	280	39,23	11
IV	Зима	374	11,10	12
	Весна	105	7,66	9
	Лето	46	5,15	5
	Осень	316	46,08	10
V	Зима	375	46,17	6
	Весна	176	5,78	8
	Лето	360	114,10	9
	Осень	1491	188,99	9

Таблица 7. Отношение численности (N) и биомассы (B) устойчивых к загрязнению видов к общей численности и биомассе макробентоса (%) в севастопольских бухтах (1988 г.)

Бухта	Хлороформный битумоид, г/100 г сухого осадка	N, экз./м ²	B, г/м ²
Севастопольская	0,22—3,45	60,3	75,0
Карантинная	0,36—0,43	58,8	98,3
Стрелецкая	1,10—2,23	78,2	28,7
Камышовая	0,30—0,91	60,4	26,1
Омега	0,002	15,0	0,5
Открытое побережье (Учкуевка)	Следовые количества	2,9	1,5

Примечание. Данные о содержании хлороформного битумоида в донных осадках предоставлены Л. Н. Кирюхиной.

ных в ходе бентосных съемок в предыдущие годы [41, 57, 58], однако в районе вершины бухты (станция IV) биомасса в 1990 г. снизилась по сравнению с 1988 г. в несколько раз. Биомасса макрозообентоса в Севастопольской бухте в пробах 1990 г. составляет, как правило, от единиц до нескольких десятков граммов на квадратный метр, тогда как в относительно чистых районах (например, бухта Казачья, открытое побережье у п. Учкуевка) она может достигать 400 г/м² и более (данные 1988 г.).

Хроническое загрязнение донных осадков в Севастопольской бухте приводит к обеднению видового состава бентосных сообществ и выраженному доминированию одного или нескольких устойчивых к загрязнению видов. Так, в разные сезоны 1990 г. на исследуемых участках встречалось, как правило, не более 10–12 видов донных животных, а, например, в б. Казачьей на ряде станций отмечалось до 29 видов [58].

Большинство из основных видов макрозообентоса, выделенных в 1990 г. (табл. 5), относятся к высокоустойчивым и устойчивым по "шкале толерантности" [24], обитающим в очень загрязненных биотопах. К таким видам относятся моллюски *Tritia reticulata*, *Abra* sp., многощетинковые черви *Capitella capitata*, *Polydora ciliata*, *Nereis succinea*, *Nephtys hombergii* и др. Из табл. 7 видно, что с увеличением загрязнения донных осадков доля устойчивых видов в общей биомассе и численности макрозообентоса возрастает. Широкое распространение *T. reticulata* (в 89,5% проб), *B. reticulatum* (73,7%), *C. glaucum* (63,2%) свидетельствует о значительном хроническом загрязнении внутренних районов бухты. В свою очередь, чувствительные к загрязнению виды макрозообентоса, например *M. tenius*, *Ch. gallina*, *M. adriaticus*, встречались только в пробах, отобранных на участках внешней, менее загрязненной части бухты (табл. 4). Однако биомасса этих видов, как правило, весьма низка (0,2–0,6 г/м²) и лишь для *Ch. gallina* составляла до 40 г/м², тогда как в чистых районах (б. Казачья, Учкучевка) биомасса этого вида может быть на порядок выше [58].

3.2.3. ИЗМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАКРОБЕНТОСА ПОД ВЛИЯНИЕМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Снижение видового разнообразия и численности многих видов иктиофауны в разных севастопольских бухтах является следствием не только прямого негативного воздействия загрязнения водных масс, но и значительного снижения количества кормовых бентосных беспозвоночных. Для оценки состояния донных сообществ были использованы некоторые формализованные показатели. Результаты их применения позволяют более объективно представить картину экологических условий в бухте и могут быть полезны при определении ущерба всем уровням трофической пирамиды экосистемы бухты.

В частности, расчеты индекса видового разнообразия Шеннона (H') показали, что значения этого показателя (рис. 10) наиболее высоки на протяжении всего периода исследований во внешней части бухты (станция II), а минимальны – на станции III, которая по результатам физико-химического анализа грунтов является наиболее загрязненной [57]. Для сравнения укажем, что для других бухт в районе Севастополя H' изменяется от 1,5 (б. Стрелецкая) до 1,9 (б. Казачья) [58].

Однако индекс Шеннона, рассчитанный для бентоса, не всег-

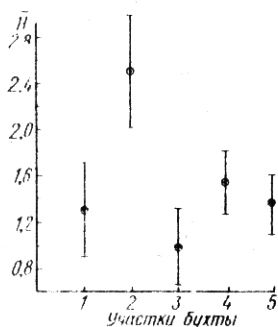


Рис. 10. Среднегодовые значения индексов видового разнообразия Шеннона ($\bar{H}$) для макробентоса из разных участков Севастопольской бухты

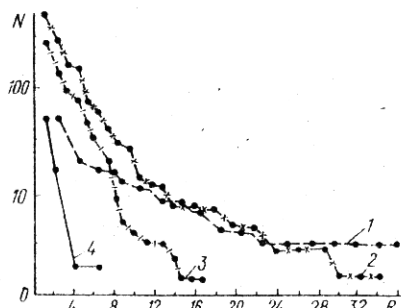


Рис. 11. Кривые доминирования – разнообразия для разных бухт в районе Севастополя:

1 – бухта Казачья; 2, 3 – участки Севастопольской бухты (2 – внешняя часть, 3 – внутренняя); 4 – бухта Южная. R – ранг вида; N – число особей

да точно может характеризовать санитарное состояние акватории [56], а лишь в случае достаточного сходства биотопов. Для различных бухт района Севастополя, где данное условие выполняется, видно, что на участках акватории, подверженных значительному загрязнению (бухты Южная, Стрелецкая, Центральная часть и вершина Севастопольской бухты) $\bar{H}$ существенно ниже, чем в менее загрязненных бухтах.

Хотя загрязнение донных осадков (в том числе и нефтяное) ведет к уменьшению видового разнообразия зообентоса, но при этом не является единственной причиной. В связи с этим индекс Шеннона рекомендуется использовать в качестве дополнительной характеристики при санитарной оценке акватории [56] наряду с другими методами изучения антропогенного влияния на сообщества. В частности, нами были построены кривые доминирования – разнообразия (кривые значимости видов) [67]. Результаты представлены на рис. 11, где по оси абсцисс откладывалась ранжированная последовательность видов, от наиболее до наименее обильного, а по оси ординат – число особей каждого вида в логарифмическом масштабе. Данный метод позволяет представить оба компонента разнообразия – видовое богатство и выровненность относительного распределения особей среди видов: чем выше лежит на графике кривая и чем более полого она проходит, тем больше при данном числе видов общее разнообразие. Соответственно, чем круче кривая, тем меньше разнообразие и значительнее доминирование одного или нескольких видов. При усиле-

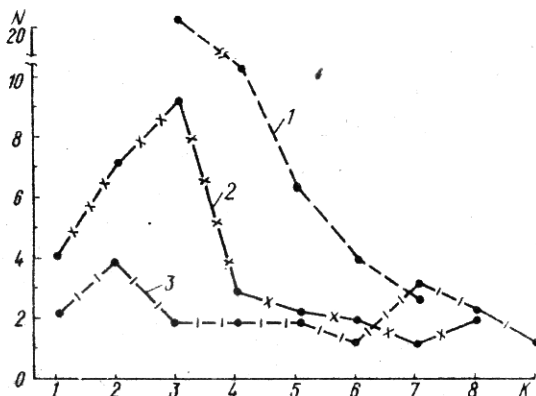


Рис. 12. Видовая структура макробентоса бухты Качая (1) и различных участков Севастопольской бухты (2 – внешняя часть бухты, 3 – внутренняя). N – количество видов, K – классы обилия

нии стрессовых воздействий на сообщество кривая становится наиболее крутой, отражая простую геометрическую последовательность.

Характер кривых значимости видов, построенных для разных бухт в районе Севастополя, свидетельствует, что более значительному антропогенному воздействию подвержены Южная бухта и внутренняя часть Севастопольской бухты, наименьшему – бухта Качая, для которой кривая имеет наиболее пологий вид (рис. 11). Ситуация, изменяющая ход кривой, может возникнуть и в результате естественных причин, например сезонных флуктуаций в видовой динамике сообществ. Однако, учитывая данные по содержанию хлороформного битумоида в донных отложениях в исследуемых районах [41, 57], можно сделать вывод, что снижение разнообразия бентоса в бухтах в наибольшей степени обусловлено влиянием антропогенного фактора, и прежде всего уровнем нефтяного загрязнения грунтов.

Аналогичные результаты получены при анализе графиков, отражающих зависимость числа видов (ось OY) от числа особей (ось OX), объединенных в интервалы, образующие геометрическую прогрессию ("классы обилия"). В таком случае 1-му классу соответствует 1 особь, 2-му – 2–3 особи, 3-му – 4–7 особей и т. д. Под влиянием стрессовых воздействий (в данном случае – загрязнения) кривая становится более плоской и снижается [67]. Ход кривых, изображенных на рис. 12, свидетельствует, что из представленных акваторий во внутренней

части Севастопольской бухты условия среды наиболее неблагоприятны для функционирования организмов макробентоса. Выше остальных проходит кривая 1, характеризующая бухту Казачью, в донных отложениях которой содержится наименьшее количество хлороформного битумоида.

К откликам, отражающим реакцию бентосных сообществ на усиление загрязнения, относятся такие явления, как смена доминирующих форм, снижение численности отдельных видов или их полная элиминация. Все это приводит к обеднению видового состава сообщества и, как следствие, — к нарушениям в трофических цепях, исчезновению из данных акваторий тех видов рыб (султанка, бычок-кругляк, ставрида), в спектре питания которых ранее доминировавшие виды бентосных беспозвоночных играли определяющую роль.

Указанные последствия влияния загрязнения на донные сообщества оценивались на основе построения уравнений регрессии, отражающих связь между классами обилия (численностью) видов, входящих в сообщество, и значениями кумулятивного процента количества видов в каждом из этих классов. По литературным данным известно, что при ухудшении условий среды обитания наблюдается уменьшение коэффициента в уравнениях регрессии и углов наклона регрессионных линий (α) к оси абсцисс [61]. Результаты расчетов для всего сообщества бентоса из внешней (I) и внутренней (II) частей Севастопольской бухты представлены на рис. 13, а. Видно, что углы наклона линий для внутренней части бухты меньше, чем для внешней. Сходные результаты были получены при построении данным методом линий регрессии отдельно для моллюсков (рис. 13, б) и полихет (рис. 13, в). Таким образом, во внутренней части бухты, более подверженной антропогенному влиянию, наблюдаются негативные изменения в распределении численности макробоентоса. Увеличение численности индикаторных видов и снижение численности менее устойчивых обуславливают более низкие коэффициенты, определяющие наклон прямых в уравнениях, и свидетельствуют о более интенсивном загрязнении внутренних участков бухты.

Анализ трофической структуры макробоентоса также может выступать в качестве одного из важных интегральных критериев санитарно-экологической оценки акваторий. Известно, что с увеличением уровня загрязнения в составе сообществ уменьшается относительное количество сестонофагов (большинство из которых относится к низкоустойчивым видам) и возрастает доля плотоядных [57]. Ранее в донных биоценозах бухт преобладающей пищевой группировкой являлись сесто-

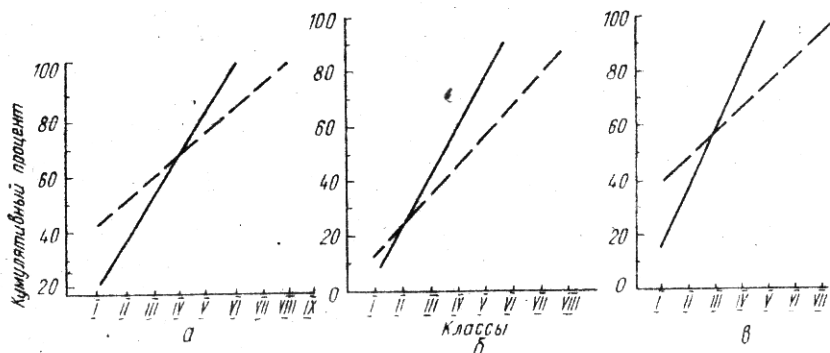


Рис. 13. Распределение значений численности макробентоса в разных участках Севастопольской бухты:
 а — для всего сообщества; б — для Mollusca, в — для Polychaeta. Сплошная линия — внешняя часть бухты, пунктир — внутренняя часть

нофаги, много также было дестритофагов [42]. Наши исследования показали, что в трофической структуре бентоса на внутренних участках Севастопольской бухты и в бухте Южной преобладают плотоядные (от 68 до 93%). Здесь доминирующим видом является *T. reticulata*, присутствуют также другие моллюски: *Nana peritea*, *Bittium reticulatum*. В свою очередь, в пробах на станциях из внешней части бухты доминирующую роль играют двустворчатые моллюски-фильтраторы: *Cerastoderma glaucum*, *Parvicardium exiguum*, *Chamelea gallina* и др. Для сравнения можно отметить, что в относительно чистых участках побережья Севастополя (бухты Омега, Казачья, район Учкучевки) доля сестонофагов в 1986–1988 гг. составляла 71,6–99,0%, а плотоядных — от 0,7 до 19,1%.

Для характеристики трофической структуры макрозообентоса Севастопольской бухты были также рассчитаны значения показателя функционального обилия (F), на основе которого можно приближенно оценить величину потока энергии через популяцию или сообщество. Данный показатель позволяет учитывать квантированность биомассы, меру которой отражает численность, и имеет следующий вид [53]:

$$F = 2,88 B^{0,75} N^{0,25} \text{ (Дж/м} \cdot \text{ч)},$$

где F — поток энергии через популяцию, B — средняя биомасса, N — средняя численность. Для исследуемых участков производился расчет показателя F отдельно для различных таксонов бентоса — Polychaeta, Bivalvia и Gastropoda. По осредненным за год величинам определена суммарная доля (%) каж-

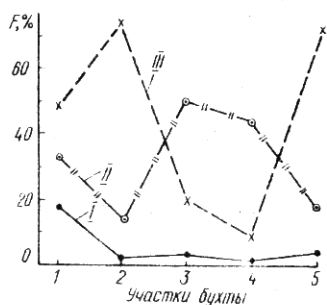


Рис. 14. Относительные значения показателя функционального обилия (F, %) для некоторых групп макробентоса на разных участках Севастопольской бухты: I — Polychaeta, II — Gastropoda, III — Bivalvia

дого из таксонов в потоке энергии через все сообщество (рис. 14). На станциях III и IV основная доля потока энергии приходится на плотоядных гастропод. Напротив, на станциях I, II и V доминирующую роль в процессах трансформации энергии в сообществе играют двустворчатые моллюски-фильтраторы. Отметим также, что результаты расчетов данного показателя могут представлять интерес при оценке продукционных характеристик различных трофических звеньев (в первую очередь ихтиофауны) экосистемы Севастопольской бухты.

При изучении состояния макрозообентоса в условиях загрязненной

Севастопольской бухты применялся предложенный нами ранее весовой индекс смертности (ВИС), а также были исследованы биотопические отличия в размерной структуре популяций массовых видов моллюсков, являющихся объектом питания для ряда бентосоядных рыб. Весовой индекс смертности [70, 71], позволяющий экспрессно количественно оценить различия в степени элиминации особей в различных (отличающихся друг от друга, в том числе и по уровню загрязнения) биотопах, имеет следующий вид:

$$\text{ВИС} = \frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{п}} + M_{\text{ж}}} 100\%,$$

где $M_{\text{п}}$ — масса створок (г) недавно погибших особей данного вида из определенного объема грунта (пробы); $M_{\text{ж}}$ — масса живых особей (г) того же вида из этой же пробы. Отметим, что при анализе индекса учитывались только створки моллюсков, погибших не ранее чем за 6–8 мес до момента взятия пробы. Отбор производился на основе ряда внешних признаков разрушения раковин, выявленных ранее в ходе специальных наблюдений.

Результаты расчетов ВИС для *C. glaucum* и *P. exiguum* на разных станциях в Севастопольской бухте отражены в табл. 8. На всех участках, кроме станции IV (район ГРЭС); наблюдаются сходные тенденции в характере сезонных изменений индекса: весной его значения максимальны и в среднем находятся в пределах 95–100%. Это объясняется, очевидно, тем,

Таблица 8. Сезонные изменения весового индекса смертности (%) в популяциях моллюсков из разных участков Севастопольской бухты (1990 г.)

Сезон	Станция				
	I	II	III	IV	V
<i>Carastoderma glaucum</i>					
Весна	100,0	94,6	100,0	100,0	98,5
Лето	38,9	88,8	96,6	99,8	60,2
Осень	6,3	82,9	35,9	100,0	51,3
<i>Parvicardium exiguum</i>					
Весна	100,0	96,8	74,3	100,0	—
Лето	100,0	88,3	—	97,4	—
Осень	100,0	81,3	100,0	100,0	100,0

Примечание. Прочерк означает, что в пробах не встречены ни живые особи, ни створки данного вида.

что за счет активного водообмена в бухте в зимне-весенний период кислородные, температурные и другие экологические условия в целом сходны на всей акватории. Летом за счет появления после нереста значительного количества подросшей молодежи значения ВИС, как правило, ниже по сравнению с зимне-весенним периодом. Однако в районах бухты, в наибольшей степени подверженных загрязнению (станции III и IV), значения индекса сохраняются высокими, что свидетельствует о формировании здесь неблагоприятных условий для обитания исследуемых видов. В этот же период в пробах отмечено значительное количество "свежих" створок молодежи со следами механических повреждений. Характер повреждений позволяет считать, что именно молодые особи данных видов служат пищей рыбам.

Наиболее благоприятная ситуация в летний период складывается в районе выхода из бухты, где индекс минимален. К осеннему периоду значения ВИС либо еще более снижаются, что связано с присутствием в пробах значительного количества подросшей молодежи моллюсков, либо сохраняются на прежнем уровне. Исключение составляет станция IV, где у обоих видов, представленных в табл. 8, значения индекса на протяжении всего года близки к 100%. Это свидетельствует об устойчивом формировании на данном участке неблагоприятных условий для обитания зообентоса, в первую очередь за счет нефтяного загрязнения. Следствием значительного снижения численности многих видов донных беспозвоночных в этом участке бухты за последние годы является и меньшее

Таблица 9. Сезонные изменения весового индекса смертности (%) в популяциях моллюсков из разных районов (1987 г.)

Сезон	Уч- куевка	Б. Оме- га	Б. Ка- зачья	Б. Стре- лецкая
<i>Chamelea gallina</i>				
Зима	26,03	88,2	11,7	92,1
Весна	5,8	78,2	10,9	74,9
Лето	11,2	63,6	6,2	54,0
Осень	20,4	14,4	22,8	87,2
<i>Pitar rudis</i>				
Зима	92,8	62,1	61,8	79,9
Весна	54,6	—	30,3	—
Лето	9,3	22,8	7,2	64,2
Осень	38,7	14,4	36,4	—
<i>Polititapes sp.</i>				
Зима	48,4	100,0	86,4	91,4
Весна	40,3	86,1	63,0	52,9
Лето	42,1	82,6	70,1	—
Осень	43,8	99,2	82,6	96,8

Количество в уловах тех видов рыб (султанка, бычки и др.), для которых организмы зообентоса составляли значительную часть рациона. Относительно более низкие по сравнению с другими районами значения ВИС для станций внешней части Севастопольской бухты позволяют считать, что здесь в целом санитарно-экологические условия более благоприятны для роста и обитания каридид и других видов бентосной малакофауны.

Для сравнения с другими бухтами в районе Севастополя в табл. 9 приведены данные по ВИС для

других массовых видов моллюсков. Можно указать, что в среднем за год индекс смертности более высок в популяциях в бухтах Стрелецкой и Омега, более подверженных загрязнению, чем в бухте Казачьей и у открытого побережья (Учкуевка).

Усиление загрязнения акваторий в наибольшей степени оказывает неблагоприятное воздействие на молодь многих видов макрзообентоса. Оценку таких негативных изменений в популяциях можно провести с помощью сравнительного анализа размерно-частотных графиков живых моллюсков и створок недавно погибших особей того же вида, собранных в одной точке. На рис. 15 представлены кривые размерного состава танатоценоза *C. glaucum* в различных по степени загрязнения районах Севастопольской бухты. По положению значений модальных размерных классов вдоль размерной шкалы можно отметить, что во внутренней, более загрязненной части бухты почти полной элиминации подвергаются моллюски крупнее 18–20 мм (2–2,5-летнего возраста). В связи с этим популяция в основном состоит из сеголетков и годовиков, среди которых смертность также высока (пропорционально их количеству). Напротив, во внешней части бухты в размерном составе танатоценоза (следовательно, и в составе поселений ранее живых особей) высока доля (до 60%) раковин моллюсков крупных размеров (25 мм и более). При этом доля створок от не-

давно погибших молодых особей составляет не более 28%. Эти данные свидетельствуют о том, что в районе выхода из бухты сохраняются удовлетворительные условия для обитания устойчивой популяции *S. glaucum*, при которых смертность моллюсков в основном вызвана естественной элиминацией крупных особей из наиболее старших возрастных групп.

Сходные результаты получены и при анализе размерной структуры танатоценозов другого вида кардиид *P. exiguum*. Данные для весеннего и осеннего сезонов представлены на рис. 16. В оба сезона в размерной структуре поселений во внешней части бухты отмечено значительное количество крупных створок (до 16 мм) особей старших возрастов (рис. 16, а, б). Напротив, танатоценоз (и популяция) из внутренней части бухты в основном состоит из мелких молодых особей, которые полностью погибают, достигнув размеров не более 9–10 мм. В этом случае кривые имеют выраженный одновершинный вид, с модальными значениями в размерном классе 4–5 мм. Необходимо отметить, что в исследованиях по изучению изменений в размерном составе популяции гамарусов в различных условиях было показано, что стабильное нефтяное загрязнение повышает смертность среди особей из молодых и наиболее старших возрастных групп, что приводит к сокращению популяции и сужению общего диапазона классов размерной шкалы [55].

Иным видом анализа состояния популяций моллюсков в различных условиях является сравнительная оценка размерного состава выборок живых моллюсков и створок недавно по-

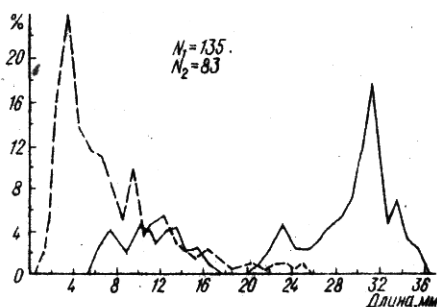


Рис. 15. Размерный состав створок в поселении *S. glaucum* из разных биотопов. Здесь и на рис. 16 сплошная линия — внешняя часть Севастопольской бухты (N_1), пунктир — внутренняя (N_2); N_1 и N_2 — объемы выборки, шт.

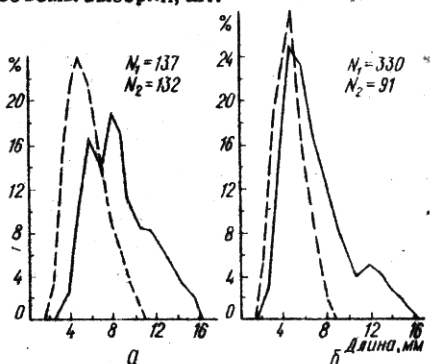


Рис. 16. Размерный состав створок в поселениях *P. exiguum* из разных биотопов: А — весенний период, Б — осенний период

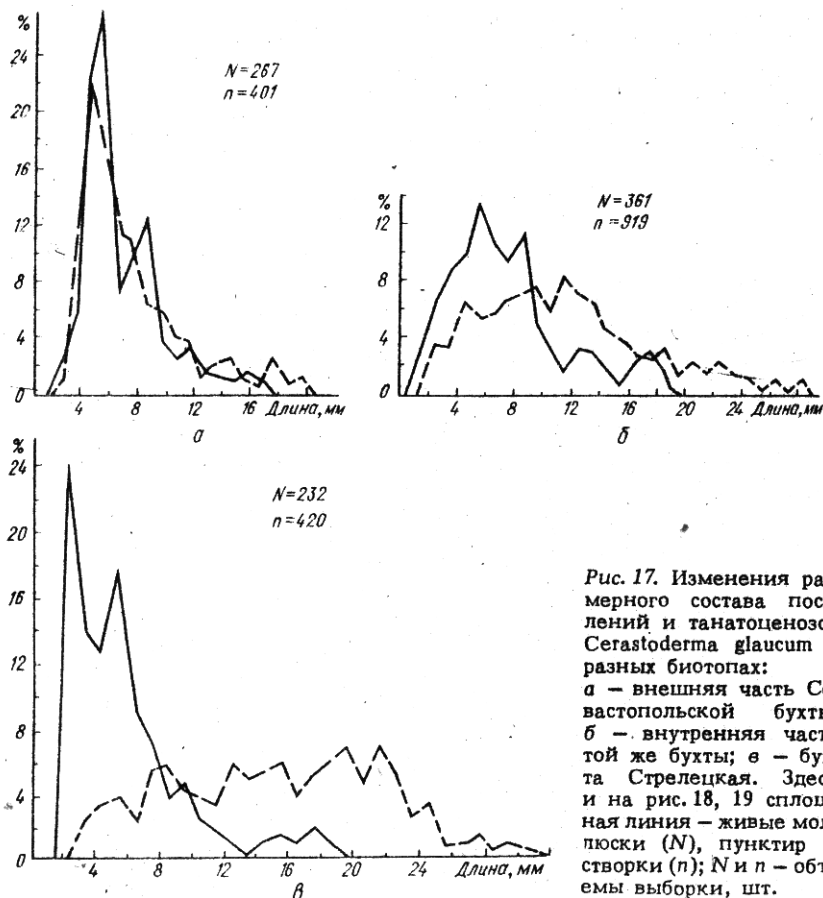


Рис. 17. Изменения размерного состава поселений и танатоценозов *Cerastoderma glaucum* в разных биотопах: а — внешняя часть Севастопольской бухты; б — внутренняя часть той же бухты; в — бухта Стрелецкая. Здесь и на рис. 18, 19 сплошная линия — живые моллюски (N), пунктир — створки (n); N и n — объемы выборки, шт.

гибших особей, собранных в одной точке. Отметим, что при обитании в относительно благоприятных условиях размерно-возрастная структура поселений в целом характеризуется наличием пропорционального соотношения в каждом размерном классе между относительным количеством створок и живых особей. Таким образом, полнота совпадения основных пиков на обоих графиках может служить наглядным показателем, отражающим степень соответствия между процессами восполнения и элиминации в популяции исследуемого вида. На рис. 17 видно, что во внешней части Севастопольской бухты размерная структура живых особей и створок *C. glaucum* очень близка: основные пики, соответствующие размерным классам 4–6 мм, а также значения максимальных размерных классов почти совпадают. Во внутренней части этой же бухты

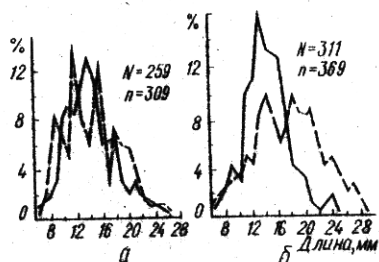


Рис. 18. Изменения размерного состава поселений и танатоценозов *Chamelea gallina* в разных биотопах:

а — условно чистый участок побережья (р-н Учкеевки), б — загрязненный участок в том же районе

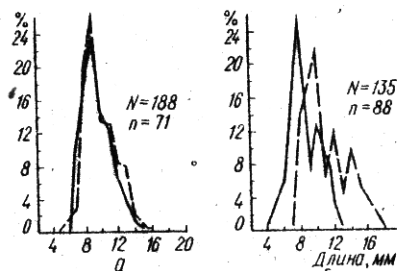


Рис. 19. Изменения размерного состава поселений и танатоценозов *Pitar rudis* в разных биотопах:

а — чистый участок побережья (р-н Учкеевки), б — загрязненный участок в том же районе

наблюдается смещение пиков, соответствующих модальным размерным группам, относительно друг друга. Кроме того, значительно увеличивается доля элиминировавших особей из старших размерно-возрастных групп (12–18 мм). В популяции на момент исследования отсутствуют особи длиной более 21 мм, тогда как среди створок встречены экземпляры длиной до 30 мм.

Еще более заметны отличия при сравнении аналогичных кривых в поселениях *C. glaucum* в сильно загрязненной Стрелецкой бухте (рис. 17). Здесь до 80% численности живой выборки составляют молодые особи длиной до 8 мм, остальные размерные классы представлены незначительно, а моллюски длиной более 19 мм отсутствуют. Однако на графике размерного состава створок отмечены экземпляры до 32 мм, значительно выше относительное количество створок длиной 12–20 мм. Эти данные свидетельствуют о существенном ухудшении условий обитания для изучаемого вида в последний период, по-видимому, за счет усиления загрязнения бухты.

Применительно к оценке состояния поселений других массовых видов малакофауны в различных по степени загрязнения биотопах, данный подход был использован, например, для *Ch. gallina* и *P. rudis*. Для чистого и загрязненного участков побережья в районе п. Учкеевка графики размерного состава моллюсков и створок хамелеи представлены на рис. 18, а, б, питара — на рис. 19, а, б. Видно, что тенденция в смещении пиков при сравнении чистых и загрязненных участков акватории в целом соответствует описанному выше для каридид.

Это позволяет считать предложенный подход достаточно универсальным (по крайней мере для большинства видов бентосной малакофауны) и применять его при оценке неблагоприятных внешних воздействий (в том числе загрязнения) на состояние популяций моллюсков.

Хроническое загрязнение (в первую очередь нефтепродуктами) прибрежных акваторий в районе Севастополя приводит к изменениям не только на популяционно-биоценоотическом, но и на индивидуальном уровне. При анализе поселений массовых видов (например, *S. glaucum*) из наиболее загрязненных районов, у значительной части особей отмечено выраженное отставание в росте по сравнению с моллюсками из менее загрязненных биотопов. Так, средние длины раковин кардиума возрастом 3 года из условно чистых и загрязненных районов равны соответственно 19,9 и 15,4 мм. Для 5-летних особей аналогичные значения еще более выражены: соответственно 21,2 и 27,0 мм. Кроме того, в загрязненных районах за счет интенсивной элиминации особей старших возрастных групп отмечены более низкие значения максимального отмеченного возраста в поселениях кардиума. Так, в пробах из Севастопольской бухты были обнаружены моллюски не старше 5,5–6 лет, тогда как в бухте Казачьей в выборках были встречены особи возрастом 8 и даже 9 лет. Помимо возможной пространственной вариабельности в индивидуально-онтогенетических особенностях отмеченные расхождения в предельном возрасте моллюсков могут обуславливаться и локальными различиями в интенсивности и длительности действия угнетающих факторов в сравниваемых биотопах.

Кроме упомянутых негативных функциональных отклонений у моллюсков в загрязненных районах отмечено появление различных морфологических изменений в мягких тканях, а также в скульптуре и форме раковины. При этом наблюдается связь между степенью общего загрязнения района и долей в популяции особей с выраженными аномалиями. Во внутренней части Севастопольской бухты доля особей с аномалиями раковины в поселениях *S. glaucum* составляла в разные сезоны от 24,9 до 37,2% (в среднем 26,96%), тогда как во внешней части бухты – от 0 до 5,2% (в среднем 1,73%) от общего количества. В относительно чистой бухте Казачьей в пробах не было обнаружено особей *S. glaucum* с аномалиями раковины. У *P. exiguum* в пробах из внутренней части Севастопольской бухты (станция IV) доля аномальных особей также была значительно выше, чем у ее выхода, и колебалась в разные сезоны от 34 до 97% от общего количества моллюсков в пробе.

Таким образом, результаты бентосных исследований в районе Севастополя свидетельствуют, что в наиболее загрязненных бухтах (Севастопольская, Стрелецкая) наблюдается общее обеднение видового состава и снижение численности и биомассы макрозообентоса. В составе донного населения преобладают немногие, наиболее устойчивые к загрязнению виды. Не отмечено, по сравнению с прошлым периодом, улучшения состояния донных сообществ. Во внутренней части Севастопольской бухты в целом наблюдается дальнейшее ухудшение условий для обитания большинства видов бентосных животных, в первую очередь за счет хронического нефтяного загрязнения и эвтрофирования. Неблагоприятные экологические условия обуславливают повышенную элиминацию многих бентосных организмов, служащих кормовой базой для беспозвоночных высших трофических звеньев и рыб. Указанные предпосылки могут являться одной из дополнительных причин снижения как общего видового разнообразия ихтиофауны в исследованном районе, так и численности ряда промысловых видов, приводить в итоге к общей деградации экосистемы севастопольских бухт.

4. ВЛИЯНИЕ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ НА НЕКОТОРЫХ ГИДРОБИОНТОВ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ)

4.1. РЫБЫ

Эксперименты проводились с кефалью *Liza aurata* (Risso), морским карасем *Diplodus annularis* (L.) и зеленушкой *Ctenilabrus* sp. Выбор данных видов рыб был обусловлен следующим: с одной стороны, опыты ставились с ценным промысловым видом – кефалью, а с другой – с обитателями мелководных районов (морским карасем и зеленушкой), где весьма часто и интенсивно нефтяное загрязнение. Результаты влияния последнего на морского карася и зеленушку приведены в табл. 10.

Из приведенных данных видно, что сеголетки морского карася и зеленушки остаются жизнеспособными на протяжении ряда суток при содержании в морской воде нефти в количестве 0,25 мл/л. Значительно меньше жили организмы при тех же концентрациях мазута. Выживаемость рыб во многом зависела от способа введения нефти в морскую воду. Так, при эмульгировании нефти в морской воде поражающий эффект был выше, чем при нахождении нефти на поверхности в виде пленки.

Эмульгирование часто можно наблюдать в природных условиях в результате волнового перемешивания поверхностного слоя моря. По-видимому, здесь помимо токсичности играет роль и механическое действие мельчайших капель нефти, оседающих, например, на жабрах, что приводит к нарушению дыхания.

При действии нефти и мазута в концентрации 0,25 мл/л на молодь кефали выживаемость рыб не отличалась от контроля. Необходимо подчеркнуть относительно высокую стойкость кефали к нефтяному загрязнению. Так, мы неоднократно наблюдали в экспериментах, что кефаль заглатывает нефть с поверхности морской воды. Затем при попадании кефали в чистую воду нефть быстро выходит из анального отверстия рыб, покрывая пленкой поверхность аквариума. После этого

рыбы оставались жизнеспособными на протяжении нескольких месяцев. К сожалению, не удалось (по техническим причинам) проследить за их дальнейшей судьбой (первоначально предполагалось выращивать подопытных кефалей до половозрелого состояния в надежде получить от них потомство).

Считается, что рыбы не обладают способностью привыкания к нефтяному яду. Возможно, что в данном случае оказалась некоторая приспособленность вида в целом в период многих поколений (с начала сброса нефтепродуктов в морскую воду).

Интересную роль в этом, по-видимому, сыграла особенность характера питания кефали – обростом со скал в прибрежной зоне, где наиболее часто оседание нефтепродуктов. Следует также отметить, что из черноморских промысловых рыб мясо кефали в наибольшей степени теряет свои товарные качества из-за приобретения нефтяного запаха. Возможно, накопление нефтепродуктов в таких количествах в других рыбах приводит их к гибели, и они поэтому не становятся добычей промысловиков.

Имеются сведения, что приобретение посторонних запахов гидробионтами, в том числе и нефтяных, может служить, до некоторой степени, положительным фактором для вида в целом, поскольку защищает его от хищников.

В приведенных выше материалах сообщались данные по выживаемости молоди некоторых черноморских рыб. Однако время гибели, естественно, не отражает полностью вредного влияния нефти и нефтепродуктов на гидробионтов. Так, симптомы отравления появлялись у организмов в первые дни, а иногда и часы, после начала опыта. Основные признаки отравления выражались в боковом положении, судорогах, потере координации движения. С течением времени эти симптомы нарастали и приводили рыб к гибели. В других случаях, наоборот, подопытные экземпляры приходили в нормальное состояние.

Проведенные наблюдения подтверждают определенную

Таблица 10. Выживаемость сеголеток морского карася и зеленушки в морской воде, содержащей нефть и мазут М-12

Нефте- про- дукт	Концен- трация, мл/л	Время (ч) до ги- бели рыб	
		50%-й	100%-й
Морской карась			
Нефть	0,25	96	140
Мазут	0,25	32	92
	0,1	98	154
	0,05	120	190
Зеленушка (нефтепродукты на поверхности)			
Нефть	0,25	340	380
Мазут	0,25	120	280

Таблица 11. Липидно-углеводородный состав некоторых видов рыб, выловленных в районе Севастополя

Вид	Содержание		Алканы		Сумма алканов, мкг/100 г
	липидов, г/100 г	углеводородов, мг/100 г	нормальные	разветвленные	
<i>Merlangus merlangus euxinus</i> (Nordmann)	1,5	9,4	C ₁₅ -C ₂₀ (43,4)	C ₁₈ -C ₂₀ (16,4)	59,8
<i>Diplodus annularis</i> (L.)	8,5	34,4	C ₁₃ -C ₂₀ (473)	C ₁₈ -C ₂₀ (68)	541,0
<i>Lisa aurata</i> (Risso)					
тушка	9,2	68,0	C ₁₆ -C ₁₉ (269,4)	C ₁₉ -C ₂₀ (136)	405,4
голова	23,4	54,0	C ₁₅ -C ₂₀ (704)	C ₁₈ -C ₂₀ (132)	836,0
внутренние органы	24,05	79,0	C ₁₅ -C ₂₀ (472,9)	C ₁₈ -C ₂₀ (169,4)	642,3

стойкость к нефтяному загрязнению сеголетков вышеупомянутых рыб, которые сутками оставались жизнеспособными при содержании нефтепродуктов в морской воде порядка 0,1 мл/л.

Следует подчеркнуть, что влияние нефтяного загрязнения приводит к изменению некоторых биохимических показателей рыб даже при кратковременном воздействии токсиканта, когда не наступает летальный исход. Так, по данным И. А. Дивавина [23], кратковременное 5-часовое действие нефти (0,1 мл/л) приводит к увеличению в печени мерланга *Odontogadus merlangus euxinus* Nordmann содержания свободных нуклеотидов с 62,3 мкг/г до 85,7, РНК – с 3758 до 5086, а также тирозина. Количество ДНК остается неизменным.

Таким образом, кратковременное действие нефти вызывает изменения в содержании свободных нуклеотидов, нуклеиновых кислот и свободных аминокислот. Первые, как известно, являются предшественниками в биосинтезе нуклеиновых кислот, последние – белка. Следовательно, даже такое воздействие может привести к серьезным нарушениям процессов синтеза нуклеиновых кислот и белка.

Если даже не учитывать возможные отдаленные последствия влияния нефти на половозрелых рыб, которые могут привести к появлению неполноценного потомства, то само пребывание рыбы в загрязненной воде лишает возможности ее использования как ценного пищевого продукта за счет накопления углеводов (табл. 11).

Наряду с алканами [123] в рыбах, даже выловленных в относительно чистых районах, обнаруживаются и ароматические соединения [59]. Так, в барабуле определены два гомолога бензола (тридецил- и гексадецилбензол), а также аценафтен и атрацен. Из этих соединений в значительном количестве определен аценафтен (108,4 мкг/100 г сырой массы). Содержание остальных соединений составляет относительно небольшие величины (19,22–83,2 мкг/100 г сырой массы).

Для сравнения отметим, что суммарное содержание аренов в мидиях, собранных в том же районе, на два порядка выше, чем в барабуле. По-видимому, наличие значительного количества аренов в более широком диапазоне связано с образом жизни моллюсков-фильтраторов, которые способны профильтровать большие объемы воды и накапливать при этом значительное количество различных химических соединений, в том числе углеводов.

Наиболее чувствительными к нефтяному воздействию оказываются морские организмы на ранних этапах развития [58]. Наблюдения за выживаемостью икры было проведено на двух видах рыб, обитающих в Севастопольской бухте, — ерше *Scorpaenopsis* (L.) и зеленушке *Grenilabrus* sp.

В экспериментах с ершом была использована икра на I этапе развития. Результаты наблюдений показали, что нефть, соляровое масло и мазут в концентрациях 0,1–0,001 мл/л оказывают выраженный токсический эффект на развивающуюся икру ерша.

В концентрации нефтепродуктов 0,1 мл/л икра погибла на III этапе развития. При более низких концентрациях наблюдалось интенсивное отмирание икринок на последующих стадиях развития. К моменту выклева предличинок количество икры без видимых патологических изменений составляло в нефти (в зависимости от концентрации) 30–40%, в соляровом масле — 20–40, в мазуте — 30–50%. Соляровое масло оказалось более токсичным. Икра ерша оставалась жизнеспособной только в концентрациях этого нефтепродукта 0,01 и 0,001 мл/л.

В отличие от ерша, имеющего пелагическую икру, икра зеленушки развивается в кладках, прочно прикрепленных к субстрату. Характерным отличием от предыдущих видов рыб является значительная устойчивость икры зеленушки к нефтяному загрязнению.

К началу VI этапа развивающаяся икра без видимых патологических изменений сохранялась во всех концентрациях нефти, мазута в количестве 60–90%. В соляровом масле 100%-я гибель икры наступила при концентрации его 0,1 мл/л, а при

Таблица 12. Жизнеспособность икры ерша и зеленушки в конце VI этапа развития, % к контролю

Концентрация нефтепродуктов, мл/л	Ерш	Зеленушка
Нефть		
0,1	0	0
0,05	50	60
0,01	67	50
0,001	67	80
Соляровое масло		
0,1	0	50
0,01	0	70
0,01	33	80
0,001	67	70
Мазут		
0,1	0	0
0,05	50	50
0,01	67	40
0,001	83	70

концентрациях 0,01–0,001 мл/л процент гибели не превышал 10–20.

Отличительной особенностью развития донной икры является ее длительное пребывание на последнем этапе. В наших опытах от начала VI этапа до выклева проходило около 3 сут. За это время часть икры, находившаяся в опыте, погибла, однако процент жизнеспособных икринок был значительно выше, чем к концу VI этапа развития у ерша и камбалы.

Таким образом, можно было предполагать, что большая устойчивость икры зеленушки к нефтяному загрязнению обусловлена ее более высокой жизнестойкостью в условиях эксперимента. Для уточнения этого положения было высчитано отношение количества оставшейся к концу VI этапа жизнеспособной икры в опыте к оставшейся в контро-

ле. Материалы расчетов показаны в табл. 12.

Из приведенных данных видно, что большая устойчивость икры зеленушки не может быть объяснена за счет ее общей жизнестойкости. По-видимому, развивающаяся икра этого вида более устойчива к нефтяному загрязнению, в частности к сырой нефти и соляровому маслу, чем икра ерша. И наоборот, мазут оказался для нее более токсичным. Это объясняется различной видовой чувствительностью к тому или иному соединению.

Более низкие концентрации нефтепродуктов не применялись в настоящей работе, однако можно полагать, что и они также окажутся не нейтральными для данных видов. Последствия такого воздействия могут сказаться не в непосредственной гибели развивающихся икринок или предличинок в период проведения эксперимента, а на более поздних этапах и, возможно, на судьбе последующих поколений. В последние годы резко сократилась численность хамсы в Севастопольской бухте, что также можно объяснить загрязнением акватории.

В опыт была взята икра на III этапе развития. Интенсивная гибель развивающейся икры наблюдалась при концентрации нефтепродуктов 0,1–0,01 мл/л. Наиболее токсичным оказа-

лось соляровое масло: в этом случае к V этапу развития сохранилось без видимых патологических изменений 20–30% икры. Естественная гибель икры в контроле не превышала 20%. К моменту выклева предличинок икра, находившаяся на VI этапе развития, была жизнеспособной при всех концентрациях нефти и мазута, а в соляре только при 0,05–0,001 мл/л. Однако выклев предличинки в воде, загрязненной нефтью и мазутом в концентрации 0,1 мл/л, и при концентрации солярового масла 0,05 мл/л не наступил. Дальнейшая судьба предличинок указана в табл. 13. К концу первых суток остались живыми 70% личинок при минимальных концентрациях нефти и солярового масла. Подавляющее большинство их имело различные аномалии (в основном искривление тела). На вторые сутки в воде, загрязненной соляровым маслом, погибли все предличинки, в загрязненной нефтью осталось 30% малоподвижных особей. В воде, загрязненной мазутом, личинки в первые сутки по жизнеспособности практически не отличались от контрольных. Количество аномальных личинок составляло 60% при концентрации 0,05 мл/л, а при

Таблица 13. Выживаемость предличинок хамсы при различных концентрациях нефти и нефтепродуктов

Концентрация нефтепродуктов, мл/л	Выживаемость предличинки при продолжительности опыта, сут			
	1	2	3	4
Нефть				
0,1	$\frac{0}{0}$	—	—	—
0,05	$\frac{0}{50}$	$\frac{0}{0}$	—	—
0,01	$\frac{0}{70}$	$\frac{0}{30}$	$\frac{0}{0}$	—
0,001	$\frac{70}{70}$	$\frac{30}{40}$	$\frac{0}{10}$	$\frac{0}{0}$
Соляровое масло				
0,01	$\frac{0}{0}$	—	—	—
0,05	$\frac{0}{40}$	$\frac{0}{10}$	$\frac{0}{0}$	—
0,01	$\frac{0}{80}$	$\frac{0}{0}$	—	—
0,001	$\frac{70}{90}$	$\frac{0}{40}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{10}$
Мазут				
0,1	$\frac{0}{0}$	—	—	—
0,05	$\frac{60}{40}$	$\frac{10}{20}$	$\frac{0}{0}$	—
0,01	$\frac{100}{60}$	$\frac{30}{30}$	$\frac{0}{10}$	$\frac{0}{0}$
0,001	$\frac{100}{60}$	$\frac{30}{40}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{0}$
Контроль				
	$\frac{100}{90}$	$\frac{50}{90}$	$\frac{30}{60}$	$\frac{30}{20}$

Примечание. В числителе и знаменателе соответственно процент живых предличинок из икры, подвергавшейся и не подвергавшейся воздействию нефти и нефтепродуктов.

Таблица 14. Влияние нефти и нефтепродуктов на развивающуюся икру камбалы

Продолжительность опыта, сут	% жизнеспособных икринок (средние данные) при исходной концентрации нефтепродукта, мл/л				
	10-1	10-2	10-3	10-4	10-5
Мазут					
1	82	84	76	87	89
2	0	0	71	81	89
3	—	—	0	81	89
Соляровое масло					
1	81	82	89	87	94
2	0	10	78	87	81
3	—	0	78	87	81
Малгобекская нефть					
1	80	87	81	72	67
2	0	74	81	67	67
3	—	0	81	55	67

Примечание. В контроле выживаемость личинок составляла 83%.

0,1–0,001 мл/л. Предличинки даже без видимых патологических изменений погибали раньше контрольных экземпляров.

Для изучения влияния нефти на предличинки, вылупившихся из икры, не находившейся в контакте с нефтью, были поставлены отдельные эксперименты. Для опыта брали наиболее подвижных без видимых патологических изменений предличинки вскоре после выклева. К исходу первых суток пребывания в морской воде, содержащей нефтепродукты в концентрации 0,1 мл/л, все они погибли. При остальных концентрациях оставалось 40–90% жизнеспособных предличинки. В последующие сутки наблюдалась их постепенная гибель, которая была в несколько раз выше, чем в контроле. Предварительное пребывание развивающейся икры в морской воде, загрязненной нефтепродуктами, ускоряет последующую гибель предличинки.

Полностью исчезла из Севастопольской бухты камбала-калкан *Psetta maenotic* (Pallas), икра которой оказалась высокочувствительной к нефтяному загрязнению. Этот вид представляет интерес в том отношении, что, хотя взрослые особи ведут донный образ жизни, их оплодотворенная икра развивается в

концентрации 0,01–0,001 мл/л – 25–45%. К исходу вторых суток гибель предличинки при минимальных концентрациях мазута была на 20% выше, чем в контроле. На третьи сутки все предличинки в воде, загрязненной мазутом, погибли. Контрольные экземпляры оставались живыми еще 2 дня.

Таким образом, в условиях эксперимента наблюдалась 100%-я гибель потомства хамсы в морской воде, загрязненной нефтью и нефтепродуктами при концентрациях

Таблица 15. Выклев предличинки и их жизнеспособность после содержания икры в различных нефтепродуктах

Концентрация нефтепродуктов, мл/л	Продолжительность опыта, сут	% выклюнувшихся предличинок		
		всего	в том числе	
			аномальных	нормальных
Мазут				
10 ⁻⁴	4	Нет выклева	—	—
	5	100	100	0
	4	80	23	77
10 ⁻⁵	5	100	37	63
	Соляровое масло			
10 ⁻³	4	100	100	0
	5	Предличинки погибли		
10 ⁻⁴	4	100	100	0
	5	Большинство предличинок погибло		
10 ⁻⁵	4	92	15	85
	5	100	23	77
Малгобекская нефть				
10 ⁻³	4	Нет выклева	—	—
	5	Икра погибла	—	—
10 ⁻⁴	4	60	100	0
	5	100	100	0
10 ⁻⁵	4	70	32	68
	5	100	40	60
Контроль				
	4	93	9	91
	5	100	7	93

поверхностном слое моря, где чаще всего возможен контакт икры с нефтяным загрязнением.

Опыты ставили в двух-трех повторностях. Результаты приведены в табл. 14. В течение первых суток в контроле и в большинстве кристаллизаторов с различными концентрациями нефти и нефтепродуктов осталось примерно одинаковое количество жизнеспособных икринок. Это позволяет считать, что в первые сутки количество жизнеспособной икры уменьшилось вследствие естественного отхода. В последующие 2 сут икра погибла в морской воде, содержавшей нефть и нефтепродукты в концентрации 10⁻¹ и 10⁻² мл/л, а также в морской воде при концентрации мазута 10⁻³ мл/л. При остальных концентрациях углеводородов (10⁻⁴ и 10⁻⁵ мл/л), а также при 10⁻³ мл/л солярового масла и малгобекской нефти к исходу

третьих суток остались жизнеспособными от 55 до 39% икринок. При последних разведениях не отмечалось зависимости гибели икры от концентрации нефти или нефтепродуктов. Так, в малгобекской нефти в концентрации 10^{-3} мл/л оставались жизнеспособными 81% икринок, а при концентрации 10^{-5} мл/л – 67%; в соляровом масле – соответственно 78% при концентрации 10^{-3} мл/л и 67% при концентрации 10^{-4} мл/л.

На четвертые сутки начался выклев предличинок, результаты которого приведены в табл. 15. Выклев был недружным и закончился лишь на пятые сутки. В контроле на четвертые сутки выклюнулось 93% предличинок; при концентрации мазута 10^{-4} мл/л и нефти 10^{-3} мл/л выклев на четвертые сутки не наступил. При остальных концентрациях нефти и нефтепродуктов процент выклева колебался от 60 до 100. Таким образом, в ряде случаев выклев личинок из икры, подвергшейся действию нефти и нефтепродуктов, несколько замедлялся.

Большинство предличинок, выклюнувшихся в морской воде, содержащей нефть и нефтепродукты, были аномальными (в основном искривление тела, часто многократное) и оказывались нежизнеспособными. Они не могли активно передвигаться и неподвижно лежали на дне кристаллизатора. О том, что эти предличинки живы, можно было судить только по сокращению сердца. Уже при концентрации нефтепродуктов 10^{-4} мл/л все выклюнувшиеся личинки имели дефекты и погибали в последующие сутки. При концентрации нефтепродуктов 10^{-5} мл/л, т. е. ниже действующих ПДК, количество уродливых предличинок составляло 23–40%, тогда как в контроле оно не превышало 7–9%.

Для изучения влияния растворенных компонентов нефти на развивавшуюся икру камбалы были приготовлены вытяжки из мазута, солярового масла и малгобекской нефти. Основную вытяжку готовили путем растворения 1 мл нефти или нефтепродуктов в 1 л морской воды при 16–18°C.

В опыте применяли основную вытяжку, а также ее разведения в 2 и 10 раз. Эксперимент был поставлен аналогично описанному выше. Основная вытяжка, приготовленная из всех трех веществ, вызывала гибель икры в течение первых суток опыта. Вытяжка из малгобекской нефти и солярового масла, разведенная в 2 раза, вызывала гибель икры спустя двое-трое суток. Икра, находившаяся в разведенной мазутной вытяжке, выживала до выклева, но все выклюнувшиеся предличинки были уродливыми и нежизнеспособными. В вытяжке из применявшихся веществ, разведенной в 10 раз, выклев достигал 100%, однако значительная часть выклюнувшихся предличи-

нок была аномальной и быстро погибала. Хотя в морской воде нефть и нефтепродукты растворяются слабее, чем в пресной воде, даже незначительная часть растворенных компонентов нефти и нефтепродуктов оказывает отравляющее действие на развивающуюся икру. Нефтяные вытяжки в морской воде весьма нестойки, и их токсичность значительно снижается уже в первые часы после начала опыта. Это дает основание полагать, что видимые деструктивные изменения икры, наступившие в последующие сутки, явились результатом поражения икринок в первые часы инкубации в нефтяных вытяжках.

Наряду с экспериментами с икрой были поставлены опыты для выяснения влияния нефти и нефтепродуктов на предличинки камбалы. Отбирались наиболее активные особи спустя несколько часов после выклева. Опыты продолжались до гибели предличинок в контроле, которая наступала на четвертые-пятые сутки после выклева (нам не удалось проследить дальнейшие этапы развития, так как предличинки в наших условиях отказывались от корма и погибали). Постановка опытов аналогична описанной выше.

В морской воде, содержащей нефтепродукты в концентрации 0,1 мл/л, а мазут в концентрации 0,01 мл/л, все предличинки погибали на вторые сутки от начала опыта. При более слабых концентрациях нефтепродуктов в морской воде разницы между гибелью предличинок в опыте и контроле не отмечалось. Не было разницы и между выживаемостью подопытных и контрольных предличинок в вытяжках из нефтепродуктов. Можно было наблюдать только, что предличинки, посаженные в основную вытяжку, в первый момент опускались на дно и переставали двигаться, слабо реагировали на прикосновение. Однако спустя 2-3 ч они вновь становились активными и в дальнейшем не отличались от контрольных.

На основании изложенного можно предполагать, что выклюнувшиеся предличинки более стойки к нефтяному загрязнению морской воды, чем развивающаяся икра. Вместе с тем необходимо учитывать, что мы фиксировали только выживаемость и заканчивали наблюдения на стадии предличинок. За дальнейшим развитием предличинок, подвергшихся действию нефтепродуктов, мы проследить не могли. Однако можно полагать, что действие нефтепродуктов, которому подвергается организм на ранних этапах развития, отрицательно скажется в будущем, в частности, на таких важных биологических показателях, как плодовитость и качество потомства.

Полученные данные свидетельствуют о том, что попавшие

Таблица 16. Некоторые биохимические показатели икры желто-красной собачки, г/100 г сухой массы

Этап развития икры	Липидно-углеводородный комплекс	Полярные липиды	Стеарины	Жирные кислоты	Триглицериды
III	21,89	3,92	4,18	0,48	11,28
VI	19,75	3,22	3,58	0,42	10,05

Таблица 17. Изменение липидного состава развивающейся икры желто-красной собачки при действии тяжелых нефтяных фракций (г/100 г сухой массы)

Этап развития икры	Общее количество липидов	Полярные липиды	Стеарины	Жирные кислоты	Триглицериды
III	22,52	4,34	4,18	1,95	7,68
	26,92	8,78	7,11	1,91	6,60
VI	33,09	13,60	7,46	2,42	5,85
	34,01	22,17	5,82	4,36	9,28

Примечание. В числителе — контроль, в знаменателе — опыт.

в море нефть и нефтепродукты высокотоксичны для развивающейся икры камбалы и вызывают поражение ее при их концентрациях 10^{-3} – 10^{-4} мл/л, а в ряде случаев — и 10^{-5} мл/л. На икру камбалы оказывают токсичное действие сама нефть и нефтепродукты, а также изменения химизма морской воды в результате ее загрязнения, что приводит, по-видимому, к нарушению обмена веществ в развивающемся зародыше.

Это подтверждается экспериментами, проведенными с икрой желто-красной собачки *Blennius sanguinolentus* Pallas. В качестве биохимических показателей использовали компоненты липидного комплекса и субстанции нуклеиновой природы — свободные нуклеотиды (СН), ДНК и РНК. Исходные показатели соединений в развивающейся икре представлены в табл. 16. Как видно из таблицы, показатели липидной фракции икры на III этапе мало отличаются от аналогичных соединений в икре на VI этапе развития. Однако имеется тенденция к некоторому уменьшению липидов на VI этапе, что вполне закономерно в связи с уменьшением желточного мешка. Результаты изменения липидной фракции при нефтяном воздействии представлены в табл. 17.

Таблица 18. Динамика количества свободных нуклеотидов (СН), ДНК и РНК в развивающейся икре желто-красной собачки при контакте с тяжелыми нефтяными фракциями (мг/100 г сухой массы)

III этап			VI этап		
СН	РНК	ДНК	СН	РНК	ДНК
$\frac{1,37}{0,70}$	$\frac{0,93}{0,70}$	$\frac{0,06}{0,09}$	$\frac{1,00}{0,90}$	$\frac{0,88}{0,80}$	$\frac{0,09}{0,07}$

Примечание. В числителе — контроль, в знаменателе — опыт.

При проведении опыта с икрой на III этапе отмечается общее увеличение липидной фракции (что наблюдается и при действии нефти на взрослые организмы). При этом наиболее резко возрастают полярные липиды (в 2 раза). Однако эта закономерность, по всей видимости, имеет место при длительном воздействии нефти (время экспозиции составляло 9 сут, с 22 по 31 мая). При постановке опыта с икрой на VI этапе развития (экспозиция 3 сут) эти показатели увеличились только при непосредственном контакте с нефтяными остатками. Вымываемые из них компоненты заметного действия за данный отрезок времени не оказывали. Изменение в нуклеотидном составе икры показано в табл. 18.

Из приведенных данных следует отметить относительную стабильность ДНК. Последнее наблюдалось и при действии нефти на другие гидробионты. Происходит уменьшение синтеза СН, при этом их количество уменьшается в 2 раза при действии токсиканта на икру III стадии развития. Последнее можно объяснить в том числе и более длительным воздействием вредного агента на период развития икры с III стадии. Аналогичное явление наблюдается и при синтезе РНК. Между тем и при неконтактном воздействии тяжелых нефтяных фракций наблюдается нарушение синтеза СН и РНК, что особенно наглядно при сравнении исходных данных (табл. 18) этих соединений с РНК и СН к моменту выклева личинок. Это свидетельствует о том, что наличие кладок икры на чистых субстратах в непосредственной близости от загрязненных может привести к нарушению нуклеотидного обмена.

4.2. ПЛАНКТОННЫЕ ВОДОРОСЛИ И БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ ЖИВОТНЫЕ

Нефтяное загрязнение оказывает на ихтиофауну, обитающую в Севастопольской бухте, не только прямое воздействие. Так, нефть может отрицательно влиять на рыб через пищевые цепи, с одной стороны, за счет уменьшения кормовой базы, а с другой – за счет передачи с пищей токсичных веществ. При этом возможно не только непосредственное поражение рыб отравленным кормом, но и ухудшение их пищевой ценности вплоть до полной непригодности к пище. В этой связи представляет интерес изучение опосредованного влияния нефтяного загрязнения на ихтиофауну. Если идти по трофической цепи, конечным звеном которой является рыба, то нужно начинать с изучения воздействия нефти и нефтепродуктов на фитопланктон.

Изучение влияния нефти и нефтепродуктов на десятки массовых видов черноморского фитопланктона, обитающих в Севастопольской бухте, показало выраженное поражающее действие на них нефтяных углеводов [7]. Однако чувствительность отдельных видов была весьма различна, что видно из табл. 19.

Интересно при этом отметить, что в тех случаях, когда нефть не оказывает губительного влияния на планктонные водоросли, она наносит опосредованный ущерб рыбным ресурсам. Например, диатомовая водоросль мелозира остается жизнеспособной при концентрациях нефтепродуктов в 1000 раз

Таблица 19. Влияние различных концентраций керосина на развитие некоторых диатомовых водорослей

Продолжи- тель- ность опыта, сут	Выживаемость водорослей, %, при концентрации керосина, мл/л					Контроль
	0,001	0,01	0,1	1,0	10,0	
Ditylum brightwellii						
1	148 ± 13	—	—	—	—	135 ± 10
3	—	—	—	—	—	206 ± 10
5	—	—	—	—	—	238 ± 7
Melosira moniliformis						
1	116 ± 10	125 ± 7	98 ± 3	102 ± 6	109 ± 5	118 ± 10
3	157 ± 9	214 ± 19	130 ± 11	102 ± 6	115 ± 10	170 ± 10
5	210 ± 7	250 ± 22	131 ± 10	102 ± 6	110 ± 11	216 ± 11

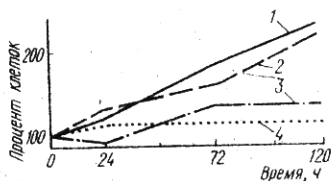


Рис. 20. Развитие *Melosira moniliformis* в морской воде, содержащей различные концентрации керосина:

1 — контроль; 2 — 0,001 мл/л; 3 — 0,1 мл/л; 4 — 10,0 мл/л

Результаты влияния нефтяного загрязнения на *Acartia clausi* (массовый вид, обитающий в Севастопольской бухте) приведены на рис. 21. Наблюдается довольно четкая зависимость между продолжительностью жизни гидробионтов и концентрацией нефтепродуктов в морской воде. Токсическое действие примененных веществ отмечалось при концентрации 0,001 мл/л, что составляет менее 1 мг/л. При концентрации 0,1 мл/л, что встречается иногда в естественных условиях [76], организмы погибали в течение первых суток. В данном случае не удалось отметить какой-либо существенной зависимости между временем выживаемости гидробионтов и типом примененного нефтепродукта, что наблюдалось нами в опытах с фитопланктоном и некоторыми другими организмами.

Отмечаются различия в чувствительности к нефтяному загрязнению у акарции в зависимости от пола. На третьи-пятые сутки опыта количество живых самок по отношению к контролю в несколько раз превышало число самцов, что, по-видимому, можно объяснить большей продолжительностью жизни женских особей этого вида.

выше ПДК (рис. 20). В природе она покрывает в массе прибрежные скалы и гидротехнические сооружения в акваториях, загрязненных нефтью. Являясь компонентом оброста, она служит питанием для кефали, которая заглатывает одновременно и находящуюся в обросте нефть.

Следующее звено трофической цепи составляет зоопланктон, который включает в себя истинно планктонные организмы и личиночные стадии бентосных моллюсков и ракообразных.

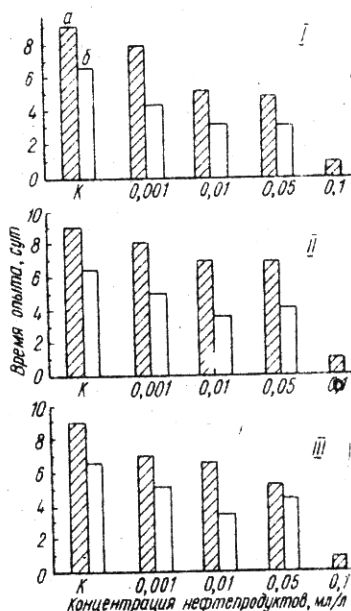


Рис. 21. Влияние различных концентраций нефтепродуктов на *Acartia clausi*:

I — нефть; II — соляровое масло; III — мазут; а — 100%-я гибель; — гибель; К — контроль

Таблица 20. Влияние различных концентраций нефти, солярового масла и мазута на личинки мраморного краба

Концентрация нефтепродуктов, мл/л	Средний процент живых организмов при продолжительности опыта, сут								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Нефть									
0,1	5	0	0	—	—	—	—	—	—
0,05	75	50	30	20	17	0	0	—	—
0,01	72	30	36	30	30	22	12	0	—
0,001	80	63	52	45	33	33	22	5	0
Мазут									
0,1	12	0	0	—	—	—	—	—	—
0,05	77	40	33	13	3	0	0	—	—
0,01	63	55	47	30	17	0	10	10	0
0,001	90	50	60	43	27	10	25	20	0
Соляровое масло									
0,1	7	0	0	—	—	—	—	—	—
0,05	50	35	33	15	13	0	0	0	—
0,01	66	40	37	25	20	10	0	0	—
0,001	80	50	52	50	37	25	10	10	0
Контроль									
	95	82	78	75	50	47	22	5	10

Нефть оказывает поражающее действие на акарцию при кратковременном воздействии. Так, после часового пребывания в морской воде с мазутом гибель акарции через сутки после помещения в чистую воду достигала 60%. Находясь в морской воде, акарции заглатывают мелкодисперсные нефтяные капли.

В первый час наличие незначительного количества нефти в кишечниках было отмечено у одной трети подопытных организмов. К исходу второго часа около 20% особей содержали уже значительное количество нефти. Через 3 ч нефть была отмечена в кишечнике всех находящихся в нефти копепод [1].

Экспериментальные материалы по выживаемости личиночных стадий морских организмов в загрязненной углеводородами морской воде весьма ограничены. В связи с этим было проведено изучение влияния различных концентраций нефти, солярового масла и мазута на планктонные личинки некоторых бентосных животных: мраморного краба *Pachygrapsus marmoratus* (Fabr.), краба *Pilumnus hirtellus* (Linne), креветки *Leander adspersus* (Rathke).

Результаты влияния нефтяного загрязнения на личинки

Таблица 21. Временное действие нефтяного загрязнения в концентрации 0,1 мл/л на личинки мраморного краба

Продолжи- тельность воздействия нефтяного за- грязнения, мин	Средний процент живых организмов при продолжительности опыта, сут							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Нефть								
5	90	80	70	50	25	15	10	5
30	80	65	35	25	10	0	—	—
60	75	50	20	15	0	—	—	—
Мазут								
5	100	90	65	45	15	5	5	0
30	80	60	40	30	20	0	—	—
60	80	45	30	15	0	—	—	—
Соляровое масло								
5	80	60	45	30	10	10	5	0
30	70	30	30	10	0	—	—	—
60	50	40	15	3	0	—	—	—

мраморного краба приведены в табл. 20. При концентрации нефти 0,1 мл/л все организмы гибли на вторые сутки. В меньших разведениях (0,05–0,01 мл/л) 100%-я гибель личинок наступала на пятые-шестые сутки. При концентрации нефтепродуктов 0,001 мл/л в первые дни гибель гидробионтов в среднем была выше, чем в контроле, однако к концу эксперимента это различие почти исчезло. Таким образом, концентрация нефтепродуктов в морской воде в пределах 0,1–0,01 мл/л оказывает резко выраженный токсический эффект на личинки мраморного краба. Концентрация 0,001 мл/л до некоторой степени приближается к пороговой зоне, если принимать выживаемость за критерий токсичности и не учитывать отдаленные последствия углеводородной интоксикации. По сравнению со взрослыми организмами чувствительность личинок мраморного краба к нефтяному загрязнению оказалась на несколько порядков выше.

Результаты кратковременного воздействия нефтепродуктов в концентрации 0,1 мл/л на личинки мраморного краба приведены в табл. 21. Действие нефтяного загрязнения в указанной выше концентрации в течение 30–60 мин вызывает гибель всех подопытных организмов в течение 4–5 сут. При 5-минутной экспозиции выживаемость личинок примерно такая же, как при постоянном пребывании их в морской воде,

Таблица 22. Выживаемость и относительная интенсивность питания взрослых идотей в морской воде, загрязненной нефтью

Концентрация нефти, мл · л ⁻¹	Количество особей	% выживших особей			Среднее количество фекалий, мг	Среднее потребление пищи, мг
		через 10 сут	через 20 сут	через 30 сут		
Февраль – март, температура воды 3–10°C (средняя 7,0°C)						
Контроль	37	100	100	100	17	0,021
0,001	12	100	90	80	18	0,025
0,01	32	100	92	100	15	0,032
0,1	36	94	79	60	8	0,012
1,0	37	84	68	30	2	0,009
Май, температура воды 15–18°C (средняя 16,5°C)						
Контроль	10	100	100	—	38	0,17
0,001	10	100	90	—	43	0,08
0,01	10	100	90	—	26	0,13
0,1	10	100	100	—	22	0,11
1,0	10	60	40	—	5	0,16
Июль, температура воды 18–19°C (средняя 18,0°C)						
Контроль	10	100	—	—	64	0,48
0,001	10	100	—	—	66	0,56
0,01	10	80	—	—	60	0,47
0,1	10	90	—	—	55	0,42
1,0	10	60	—	—	33	0,20

содержащей нефтепродукты в концентрации 0,001 мл/л.

Поражающее действие нефти сказывается и на взрослых бентосных ракообразных, входящих в пищевой рацион Севастопольской бухты.

Полученные в нашей лаборатории Н. Ю. Миловидовой [58] материалы о влиянии нефтяного загрязнения на *Gammaeus olivii* и *Idothea baltica* показали, что в первые 10 сут выживаемость идотей снижается только при концентрации 1 мл/л. Во вторую и особенно в третью декады выживаемость идотей падает уже при концентрации 0,1 мл/л (табл. 22).

При низких зимних температурах идотеи жили дольше, чем весной и летом. Интенсивность их питания, судя по количеству выделенных фекалий, несколько снижается уже при концентрации 0,01 мл/л и резко падает при 1,0 и 0,1 мл/л (табл. 22). Особенно заметно это снижение в летний период, когда идотеи обычно поедают больше корма, чем зимой. При концентрации нефти 1 мл/л идотеи почти не питаются. Молодь идотей более чувствительна к нефтяному загрязнению, чем взрослые особи. Заметное снижение выживаемости молоди,

полученной от самок, со-
державшихся в чистой во-
де, наблюдается при кон-
центрации нефти 0,01 мл/л.
При более высокой кон-
центрации (0,1 и 1,0 мл/л)
часть молоди идотей поги-
бает уже в первые сутки.
В растворе нефти 0,1 мл/л
молодь идотей жила не бо-
лее 8 сут, а в 1 мл/л – не
более 3 сут (табл. 22).

Выживаемость молоди,
которая вынашивалась сам-
ками в загрязненной во-
де и затем содержалась
в эмульсиях тех же кон-
центраций, была еще ни-
же, чем молоди, родив-
шейся в чистой воде. При
концентрации эмульсии
1 мл/л у самок из марсу-
пальных сумок выходило
32% мертвых детенышей,
остальные были недоразви-
тыми, не могли ни пла-
вать, ни ползать, а лишь
червеобразно извивались в течение нескольких суток и затем
погибали. Длина их была 1,40 мм, в то время как в чистой во-
де из сумок выходили детеныши длиной 1,55–2,00 мм. Конеч-
ности их несколько укорочены и лишены ворсинок.

Влияние температуры на выживаемость молоди идотей за-
метно лишь в первые сутки, и только в концентрации 1 мл/л при вы-
сокой температуре гибло значительно больше молоди, чем
при низкой. В последующие 10–20 сут выживаемость молоди
весной и летом была несколько выше, чем зимой, так как ни-
зкая температура увеличивала смертность молоди и в опыте,
и в контроле. На рост молоди нефтяное загрязнение в кон-
центрации 0,001 мл/л не оказало влияния. При более высоких
концентрациях (0,01 мл/л) молодь росла несколько замедлен-
но по сравнению с контролем.

Влияние нефти на гаммарус *G. olivii* проявляется более си-
льно, чем на идотей *I. baltica*, – при концентрации 1 мл/л неф-
ти до 10 сут не доживал ни один подопытный экземпляр. При

Таблица 23. Выживаемость взрослых
гаммарусов в морской воде, загрязненной
нефтью

Концентрация нефти, мг · л ⁻¹	Количество особей	% выживших особей		
		через 10 сут	через 20 сут	через 30 сут
Февраль — март, температура воды 3–10°C (средняя 7,0°C)				
Контроль	44	100	86	52
0,01	35	69	57	34
0,1	49	98	48	5
1,0	30	0	—	—
Май, температура воды 15–18°C (средняя 16,5°C)				
Контроль	12	75	—	—
0,001	10	90	—	—
0,01	12	66	—	—
0,1	12	8	—	—
1,0	12	0	—	—
Июль, температура воды 18–19°C (средняя 18°C)				
Контроль	10	90	—	—
0,001	10	70	—	—
0,01	10	60	—	—
0,1	10	20	—	—
1,0	10	0	—	—

содержании нефти 0,1 и 0,001 мл/л зимой к концу первой декады выживаемость гаммарусов была близка к контрольной, но во второй и третьей декадах сильно упала.

Весной и летом в опытах с такими же концентрациями выживаемость гаммарусов снизилась уже в первой декаде (табл. 23).

Ниже приводим данные о влиянии нефтяного загрязнения на интенсивность питания гаммарусов:

Концентрация нефти, мл/л	Среднее количество фекалий, мг	Среднее потребление пищи, мг
Контроль	29	0,16
0,001	15	0,20
0,01	30	0,29
0,1	13	0,16
1,0	1	0,00

Интенсивность питания гаммарусов, как и идотей, снижается при концентрации нефти 0,1 мл/л, а при 1,0 мл/л они почти не питаются.

Молодь гаммарусов к концу первой декады погибает не только при концентрации нефти 1,0 мл/л, но и при концентрации 0,1 мл/л, а при 0,001 мл/л ее остается очень мало. При концентрации 1,0 и 0,1 мл/л часть молоди гаммарусов погибает в первые сутки.

Выживаемость молоди гаммарусов, вынашивавшейся самками в загрязненной нефтью воде и затем помещенной в чистую воду, мало отличается от выживаемости молоди, содержащейся в тех же концентрациях, в которых она вынашивалась.

При низкой температуре молодь гаммарусов выживает несколько лучше, чем при 16–18°C. При температуре свыше 20°C наблюдалась высокая смертность молоди и в опытах, и в контроле.

Таким образом, на *G. olivii*, как и на *I. baltica*, нефтяное загрязнение порядка 0,1–0,001 мл/л оказывает неблагоприятное воздействие, которое на гаммарусах проявляется быстрее, чем на идотеях. При этом поражающее действие нефтяных углеводородов сказывается и на биохимических показателях кормовых объектов, что можно продемонстрировать и на креветке *Palaemon adspersus* (Rathke) и крабе *Scorinus mediterraneus* (Cherniavsky). С креветками были выполнены 2 серии опытов: сразу после вылова (I группа) и через 5 сут выдерживания в проточной морской воде (II группа). Концентрация эмульгированной нефти 0,01 мл/л, время опыта 5 ч [23]. Результаты опытов даны в табл. 24. При действии нефти в тече-

Таблица 24. Содержание свободных нуклеотидов (СН) и нуклеиновых кислот у креветок I группы (мкг/100 мг сухой ткани)

Продолжительность воздействия нефтью, ч	Количество опытов	СН	РНК	ДНК
2	4	456 ± 11	5289 ± 28	1080 ± 42
5	4	508 ± 23	4006 ± 73	1720 ± 44
Контроль	6	411 ± 16	4131 ± 63	1508 ± 26

ние 2 ч содержание РНК увеличивается на 28%, а ДНК уменьшается на 28%. Однако уже через 5 ч содержание ДНК возрастает на 14%, а содержание РНК практически не отличается от такового в контроле. Количество свободных нуклеотидов (СН) увеличивается в течение всего опыта. Через 2 ч оно превышает контрольный уровень на 10%, через 5 ч – на 23%. Интенсивность включения ^{14}C -уридина в РНК определяли по двум группам креветок. В I группе удельная активность РНК увеличилась примерно вдвое через 3 ч, а через 5 ч снизилась до прежнего уровня. Во II группе через 2 ч удельная активность РНК была ниже контроля, через 4 ч резко увеличилась, затем так же резко снизилась, но через 5 ч составляла более 200%. Таким образом, нефть наиболее интенсивно действует на креветок группы II, что объясняется выдерживанием их в проточной воде в течение 5 сут.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Углеводороды, в том числе нефть и нефтепродукты, под действием различных факторов совершают сложный путь в водоеме от поверхности до дна и обратно, действуют на все группы морских организмов, обитающих как в толще воды, так и на дне, начиная от микроскопических водных организмов и кончая млекопитающими и птицами.

Особенности нефтяного загрязнения оказывают своеобразное действие на гидробионты. Так, перемещение нефти по акватории может приводить к кратковременному контакту организмов с загрязнением. Проведенные наблюдения показали, что кратковременный контакт ряда представителей морской фауны и флоры (минуты, часы) также приводит к их отравлению, и они затем погибают, находясь уже в чистой морской воде.

С другой стороны, в связи с перемещением нефти под действием течений могут создаваться условия, когда гидробион-

ты, например планктон, будут передвигаться вместе с загрязненными массами морской воды и компоненты нефти, таким образом, будут оказывать длительное действие на организмы. В этих условиях наиболее вероятно продолжительное влияние малых концентраций нефти в связи с постепенным ее рассеиванием.

Существующие концентрации нефти в Севастопольской бухте могут приводить к постепенному выпадению определенной части организмов путем воздействия на ранние этапы их развития, видимые последствия которого могут сказаться в отдаленном будущем. Возможно, влияние нефтяной интоксикации при длительном систематическом действии малых доз скажется спустя несколько поколений. Экспериментально получить такие данные весьма трудно, а для некоторых организмов, имеющих ценное промысловое значение, практически невозможно.

По подсчетам проф. Н. С. Строганова [96], получение подобной информации для белуги требует 250–300 лет, осетра – 150–200, сазана – 50–70 лет. Поэтому приходится вести поиск организмов с коротким циклом развития для получения сведений о влиянии токсиканта на потомство, хотя и здесь возникает немало технических трудностей.

Такие наблюдения были проведены нами за некоторыми видами планктонных водорослей. В результате удалось выявить сокращение количества поколений у клеток, находившихся в нефти, по сравнению с контролем.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить уровни токсичности нефти и нефтепродуктов, выявить наиболее чувствительные виды к нефтяному загрязнению и определить восприимчивость к нефти гидробионтов на различных стадиях развития. Эти материалы могут явиться основой для последующих работ по установлению предельно допустимых концентраций (ПДК).

5. ЗАГРЯЗНЕНИЕ РТУТЬЮ ВОДЫ, ГРУНТА И РЫБ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ

Для решения проблем мониторинга необходимо иметь сведения о содержании токсичных веществ в воде, донных отложениях и биоте водоема. Среди тяжелых металлов ртуть является одним из опасных химических загрязнителей. Присутствие ртутных соединений в водной среде может привести к изменению качества воды, кормовой базы водных организмов и прямому токсическому воздействию на гидробионты. Так, в 1988 г. на Волге была выявлена массовая гибель осетровых от миопатии, обусловленной интоксикацией, в результате которой нарушается обмен веществ. У рыб, больных миопатией, наблюдались случаи высокого содержания тяжелых металлов в мышцах, печени, жабрах, гонадах. В волжской воде концентрация ртути в последние годы превысила ПДК в 2-3 раза. Оценка действия тяжелых металлов на водные организмы возможна лишь при наличии данных о поступлении, накоплении и распределении их в основных элементах водных экосистем.

В связи с этим в 1990 г. нами проводились исследования по загрязнению ртутью Севастопольской бухты. Для определения ртути был использован метод непламенной атомно-абсорбционной спектрометрии. Измерения ртути в пробах воды, донных отложений и гидробионтов проводили на анализаторе ртути "Юлия-2" с чувствительностью $1 \cdot 10^{-3}$ мкг. Калибровку и градуировку прибора осуществляли по стандартным образцам солей ртути, утвержденным Госстандартом. В пробах воды определяли растворенную и взвешенную формы ртути. В морской воде растворенная ртуть присутствует в различных физико-химических формах. Поэтому для нахождения ее общего содержания необходимо перевести все формы в растворенную. В качестве окислителя использовали перманганат калия. Ионную ртуть восстанавливали двухлористым оловом до металлической ртути и улавливали в поглощительный раствор. Перед измерением ртути в пробах донных отложений и рыб проводили их химическое разложение, минерализацию и растворение входящих в них соединений ртути. На рис. 22 представлены данные пространственного распределения ртути в воде

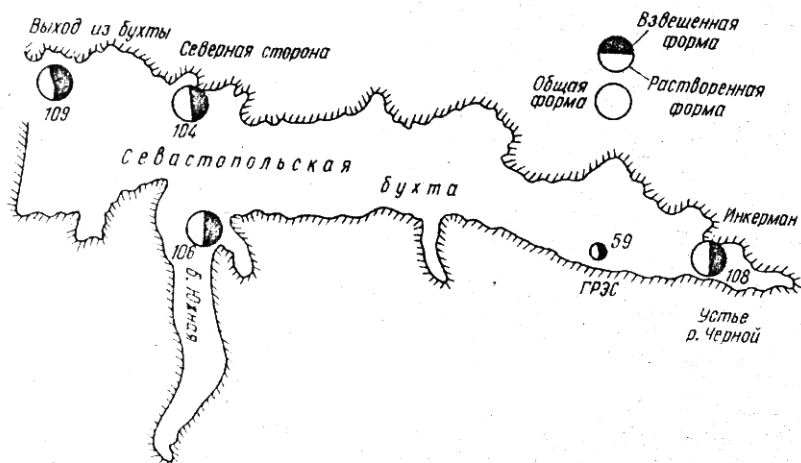


Рис. 22. Распределение концентраций ртути ($\text{нг} \cdot \text{дм}^{-3}$) в воде Севастопольской бухты

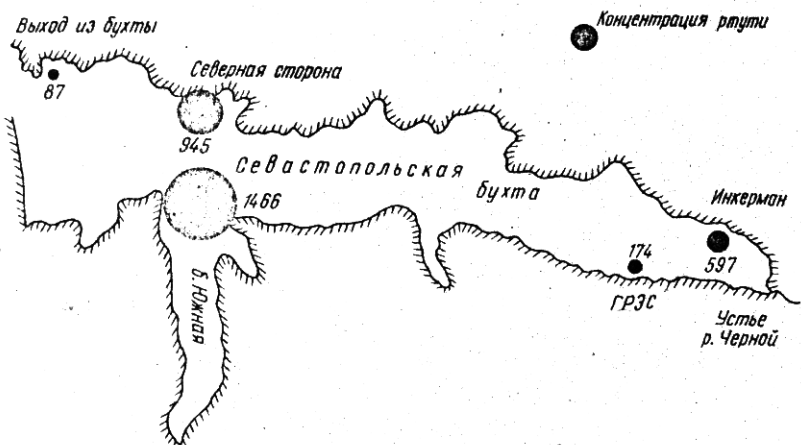


Рис. 23. Распределение концентраций ртути ($\text{нг} \cdot \text{г}^{-1}$) в донных отложениях Севастопольской бухты

Севастопольской бухты. Как видно из рисунка, среднегодовая концентрация ртути в воде изменяется от $59 \text{ нг} \cdot \text{дм}^{-3}$ в районе ГРЭС до $109 \text{ нг} \cdot \text{дм}^{-3}$ у выхода из Севастопольской бухты. Средний уровень ртути в воде исследуемой акватории сравним с ПДК для океанических вод, кроме района ГРЭС, где содержание ртути составляет около 60% от ПДК. Количество растворенной и взвешенной форм ртути одинаково, что свидетельствует

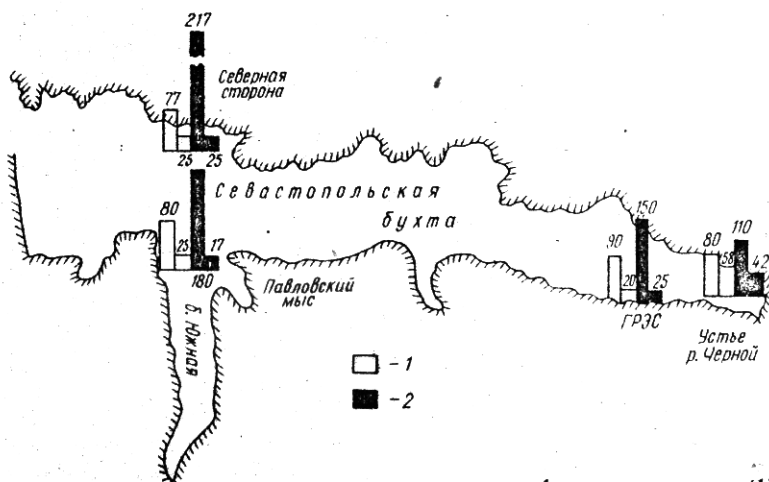


Рис. 24. Распределение содержания ртути ($\text{нг} \cdot \text{г}^{-1}$) в пелагических (1) и придонных (2) видах рыб

о равномерном поступлении ртути в водоем как с береговым стоком, так и с промышленными отходами, включая водный транспорт.

Рис. 23 иллюстрирует данные пространственного распределения общей ртути в донных отложениях. Концентрация ртути в донных отложениях Севастопольской бухты в течение года изменялась от 87 до $1466 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$. По содержанию ртути в донных осадках контролируемые районы можно ранжировать в следующем порядке: бухта Южная, Северная сторона, Инкерман, ГРЭС, выход из Севастопольской бухты. Наиболее высокое загрязнение ртутью донных осадков отмечено в бухте Южной. Значительный вклад в поступление ртути в донные отложения здесь оказывает эксплуатация судов. Считается, что придонное содержание общей ртути в морской шельфовых донных осадках составляет $100 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$ сухой массы. Результаты наших наблюдений показали, что концентрация ртути в донных осадках в районе Северной стороны, Инкермана, ГРЭС и бухты Южной в несколько раз превышала фоновую.

Высокие концентрации ртути в воде, донных отложениях свидетельствуют о незначительном химическом загрязнении Севастопольской бухты. Все виды исследованных нами в 1990 г. рыб относятся к двум группам: пелагическим (ставрида, атерина, смарида, игла, сельдь, ласкирь, кефаль) и придонным (бычки, рябчик, султанки, ерш, зеленуха, налим, пикша, со-

бачка, глосса). На рис. 24 представлено распределение содержания ртути в мышцах рыб Севастопольской бухты. Как показали наблюдения, во всех районах концентрация ртути в мышцах придонных рыб выше, чем пелагических. Наиболее высокое содержание ртути в придонных видах рыб отмечено в районе Северной стороны и бухты Южной. В этих же акваториях обнаружено максимальное загрязнение ртутью донных отложений. Во всех видах рыб содержание ртути не превышало ПДК, принятых в нашей стране ($400 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$). В придонных видах, таких, как ерш, бычки, концентрация ртути уже составляет 50% от ПДК. Если же в дальнейшем загрязнение Севастопольской бухты ртутью будет проходить с такой же интенсивностью, то концентрация ртути в мышцах рыб достигнет ПДК и может оказать токсическое воздействие. Неблагоприятная экологическая обстановка в Севастопольской бухте требует мер оперативного контроля за источниками загрязнения ртутью с целью регламентации поступления ее в водоем.

6. ВЛИЯНИЕ РТУТИ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЫБ

Изучение процессов распределения ртути в окружающей среде имеет особое значение вследствие ее широкого распространения и выброса в среду. На химические формы ртути, встречающиеся в природе, влияют различные физико-химические факторы. Так, например, если элементарная ртуть летуча и легко испаряется из водной среды, а диметилртуть в фотохимических процессах может разрушиться до элементарного состояния, то метилртуть почти полностью поглощается организмом и почти не выводится из него. Метилртуть аккумулируется во всех тканях организма, тогда как неорганическая форма — в основном в печени и в почках. Метилртуть является очень сильным нейротоксином. Вместе с тем ртуть относится к инертным элементам: в результате положительного потенциала восстановления она устойчива к окислению и образованию ионной формы. На этом основании можно было бы предположить, что, проникая во внешнюю среду, ртуть не будет обладать особой биологической активностью. Однако способность некоторых микроорганизмов превращать ртуть в метилртуть свидетельствует об обратном [98]. В связи с вышесказанным особое внимание приобретает изучение влияния ртути на физиолого-биохимические показатели морских животных, которые могут быть удачно использованы в качестве тест-объектов при оценке загрязнения ртутью того или иного водоема. Известно, что основная часть ртути, обнаруживаемая в гидробионтах, находится в форме метилртути.

В настоящее время в литературе имеются данные о содержании и накоплении ртути в гидробионтах из различных водоемов [120, 128], а также ее влиянии на выживаемость [107], морфологические [132, 134], физиологические [46] и биохимические показатели рыб [111, 122]. Однако действие ртути, как и других токсикантов, в основном изучали на взрослых организмах, не затрагивая при этом онтогенетических аспектов проблемы.

Следует отметить также, что в токсикологических исследованиях наряду с морфологическими изменениями весьма

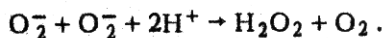
Таблица 25. Изменение некоторых биохимических показателей рыб при действии ртути

Вид	Соединение	Концентрация ртути	Экспозиция, ч	Действие	Литературный источник
<i>Anabas testudineus</i>	HgCl ₂	0,083 мг/л	24	Снижение активности пероксидазы и иодидпероксидазы почек	[111]
<i>Katylusia opima</i> (Gmelin)	(CH ₃) ₂ Hg	0,07–0,14 мг/л	96	Увеличение активности аминотрансферазы в печени, уменьшение активности ферментов	
				Na ⁺ –K ⁺ –АТФазы	[122]
<i>Clarias batrachus</i>	CH ₃ HgCl ₂ HgCl ₂	0,5 мг/л 0,05 мг/л	96	Ингибирование ферментативной активности в семенниках	[121]
<i>Ictalurus melas</i>	HgCl ₂	1–10 ммоль/кг	3, 6, 24, 48	Снижение количества небелковых SH-групп в почках через 3, 6, 24 и 48 ч, но через 72 ч – их увеличение	[117]
<i>Opsanus tan</i>	HgCl ₂	Не указана	24–48	Ингибирование аминокислотного транспорта путем блокирования транспортных каналов межклеточного пространства апикальной и серозной мембран жаберного эпителия	[115]
<i>Mugil cephalus</i>	HgCl ₂	25 ммоль	1/3	Ингибирование образования нового диальдегида в микросомах печени	[143]

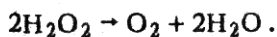
показательными являются изменения активности ферментов, катализирующих различные реакции. Как правило, выраженные морфологические отклонения, происходящие под влиянием токсиканта, сопровождаются изменениями в ферментативной активности.

Из приведенных в табл. 25 некоторых данных по действию ртути на различные биохимические показатели рыб можно заключить, что соединения ртути по-разному действуют на ферментные системы гидробионтов. Это определяется концентрацией металла, его формой в воде и временем действия на организм. Однако в большинстве случаев общей тенденцией действия ртути является снижение активности ферментов, а при достаточно высоких концентрациях – их полное ингибирование. Механизм этого явления в основном обусловлен блокированием ртутью SH-групп ферментов и нарушением нативной структуры, а стало быть, и их функции [50].

Следует отметить, что и другие токсиканты – тяжелые металлы – могут оказывать аналогичное действие на ферментные системы рыб, и в данном случае ртуть и ее соединения могут быть использованы в качестве модельных токсикантов при оценке биологического действия соответствующих аналогов – тяжелых металлов. Так, исследования на карпе при действии на него солей меди и марганца позволили установить снижение активности некоторых антиоксидантных ферментов [131, 144], выполняющих, как известно, основные защитные функции в организме. Среди важнейших антиоксидантных ферментов следует прежде всего выделить супероксиддисмутазу, содержащуюся во всех анаэробных клетках и составляющую 0,1% общего белка протоплазмы [29, 125]. Фермент катализирует реакцию дисмутации супероксидрадикала.



Таким образом, супероксидрадикал, являющийся очень токсичным соединением, под действием супероксиддисмутазы детоксицируется до менее токсичной перекиси водорода. Далее перекись водорода разлагается каталазой, пероксидазой или глутатионпероксидазой (при участии глутатиона):



Следует отметить, что любое воздействие на организм (γ-облучение, тепловой шок, действие тяжелых металлов и других токсикантов) вызывает увеличение числа свободных радикалов, приводящих к различным патологическим состоя-

Таблица 26. Содержание белка и активность некоторых антиоксидантных ферментов икры бычков при действии различных концентраций ртути

Концентрация HgCl_2 , мкг/л	Содержание белка, мг/г сырой ткани	Активность		
		каталазы, мкмоль H_2O_2 / (мг белка · мин)	пероксидазы, усл. ед./ (мг белка · мин)	супероксиддис- мутаза, усл. ед./ (мг белка · мин)
0	230,0	0,117	0,419	41,873
0,1	225,0	0,111	0,535	23,882
1,0	203,0	2,222	0,232	61,336
10,0	40,0	5,555	0,077	10,646

ниям организма [10]. В связи с этим в настоящее время все большее внимание уделяется изучению антиоксидантной системы защиты организмов, так как она является неспецифической и позволяет выявить общие черты и особенности у различных групп организмов, а также в процессе их онтогенеза. Например, для крови рыб характерна повышенная активность пероксидазы по сравнению с каталазой, а активность супероксиддисмутаза у рыб ниже, чем у других позвоночных [123, 142]. Формирование антиоксидантной ферментной системы происходит на ранних стадиях развития организма в результате последовательной реализации генетической информации [64]. На ранних этапах онтогенеза рыб (икра, личинки) действует одна группа ферментов, на более поздних – система становится более совершенной в результате образования крови, костного мозга, других органов, синтезирующих компоненты специфической защиты организма – иммуноглобулины.

Однако наибольший интерес представляет изучение способности ранних стадий организма к защите против неблагоприятных факторов среды. С этой целью нами было изучено действие различных концентраций ртути (HgCl_2) – 0,1, 1,0 и 10,0 мкг/л – на активность некоторых антиоксидантных ферментов икры бычка-кругляка, инкубируемой в морской воде с соответствующим содержанием HgCl_2 . Исследовали активность каталазы, пероксидазы и супероксиддисмутаза [75, 127, 143].

Из приведенных в табл. 26 данных можно видеть, что при увеличении концентрации ртути в воде происходит снижение содержания белка в икре более чем на 80% (рис. 25, а), что может быть обусловлено ингибированием его биосинтеза.

Однако наибольшие изменения под действием ртути претерпевает активность антиоксидантных ферментов. Так, ак-

тивность каталазы почти не изменяется при концентрации ртути 0,1 мкг/л, но возрастает в 200–400 раз при содержании ее 1–10 мкг/л (рис. 25, б). Иная картина отмечена для показателей пероксидазы, значения которых сначала несколько возрастают, но затем последовательно снижаются (рис. 25, в).

Динамика активности супероксиддисмутазы имеет неоднородный характер и выражается в снижении этого показателя при концентрации ртути 0,1 и 10 мкг/л, но увеличении при 1 мкг/л (рис. 25, г).

Таким образом, на основании приведенных данных можно заключить, что наиболее чувствительными к действию ртути являются ферменты супероксиддисмутазы и пероксидазы икры рыб, изменение активности которых отмечено уже при содержании токсиканта в воде 0,1 мкг/л.

При дальнейшем увеличении концентрации металла до 1 мкг/л происходит резкое увеличение активности каталазы и супероксиддисмутазы, тогда как активность пероксидазы снижается в 2 раза. При максимальном содержании ртути 10 мкг/л наблюдаются торможение активности супероксиддисмутазы, пероксидазы, снижение содержания белка, но активность каталазы увеличена более чем в 40 раз.

Приведенные результаты могут отражать последовательность изменений ферментативной активности развивающейся икры рыб на токсическое действие ртути в увеличивающихся концентрациях. Следует отметить, что ингибирование и снижение активности пероксидазы и супероксиддисмутазы могут быть следствием блокирования ионом $Hg\ SH\text{-}групп$ белков и нарушением, тем самым, конфигурации фермента и его функции. Одновременно происходят процессы ингибирования синтеза белка, о чем свидетельствует снижение его содержания в икре бычков. Вместе с тем нарастание свободных ради-

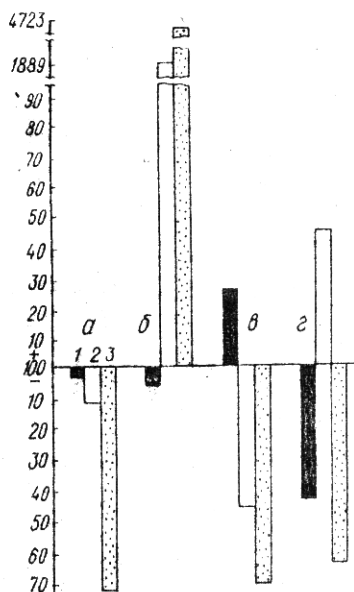


Рис. 25. Гистограмма, характеризующая показатели содержания белка в икре (а), активности каталазы (б), пероксидазы (в) и супероксиддисмутазы (г) относительно контроля, взятого за 100%:
1 — концентрация ртути 0,1 мкг/л;
2 — 1 мкг/л; 3 — 10 мкг/л

калов в результате токсического воздействия ртути и неспособности пероксидазы и супероксиддисмутазы детоксицировать их может приводить к резкому увеличению активности каталазы, которая, вероятно, является более устойчивой, обладает большей стабильностью и берет на себя функции детоксикации вредных соединений.

В целом полученные данные могут отражать характер ответной реакции антиоксидантной системы икры рыб на токсическое воздействие ртути, а изученные ферменты могут служить биохимическими тестами для оценки тяжести токсического эффекта тяжелых металлов на икру рыб.

7. ВИДОВОЙ СОСТАВ И КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЫБ В БУХТАХ В РАЙОНЕ СЕВАСТОПОЛЯ

В Черном море большинство видов рыб обитает на шельфе, причем чем ближе к берегу, тем разнообразнее ихтиофауна. Здесь круглогодично находятся, совершая небольшие сезонные перемещения от берега в глубь моря и обратно, многие непромысловые рыбы – морские собачки, бычки, зеленушки, морские ласточки, морские уточки, морские мыши, звездочет, морской дракон и другие, а также рыбы местного промыслового значения – морские ерши, ласкирь, зубарик. В весенне-летний сезон ближе к берегу, в бухты на нагул и нерест подходят хамса, спикара, султанка, мелкая ставрида, камбала-калкан, глосса, морской язык и другие рыбы. Но с каждым годом численность рыб в Черном море, в том числе и прибрежных, уменьшается. Причины этого явления многообразны, но все их можно объединить в одно понятие – влияние антропогенных факторов, о чем говорилось ранее.

Проведенные нами в 1986–1990 гг. исследования ихтиофауны в бухтах Севастопольская, Омега, и Балаклавская показали, что количество видов в них сократилось почти вдвое по сравнению с предыдущим пятилетием. Так, по данным Л. П. Салеховой и др. [84], в прибрежной зоне в районе Ласпи – Севастополь, включающей перечисленные бухты, в 1981–1985 гг. насчитывалось 84 вида рыб. Нами в трех бухтах обнаружено лишь 45 видов, причем в каждой бухте в отдельности видов рыб было еще меньше – от 25 до 29.

Ниже мы остановимся на характеристике ихтиофауны в каждой бухте отдельно.

Материал собран в 1986–1990 гг. в бухтах Севастопольская, Омега и Балаклавская. Отлов рыб проводили ежемесячно жаберными сетями, для учета мелких рыб (бычков, морских собачек, морских игл) использовали креветочный сак. Кроме того, брали пробы из улова ставника. Проведен полный биологический анализ 12671 экз. рыб (табл. 27). Размерно-возрастной состав и питание изучены у двух наиболее мас-

Таблица 27. Объем ихтиологического материала, экз.

Бухта	Определение возраста рыб	Изучение питания	Биологичес- кий анализ
Севастопольская:			
станция II	100	128	258
" III	50	63	297
" IV	100	105	212
" V	21	21	32
Омега	—	—	872
Балаклавская	—	—	11000
Всего	271	317	12671

совых видов: бычка-кругляка (166 экз.) и султанки (151 экз.).

Возраст определяли по отолитам и чешуе. Пищевой комок взвешивали на торсионных весах. Соотношение организмов в нем определяли по массе и количеству. Подсчитывали количество экземпляров каждого вида и суммарную массу выражали в процентах. Для установления степени переваренности пищи, поступающей из желудка в кишечник, содержимое кишечника рассматривали под биноклем. Объем обработанного материала приведен в табл. 27.

7.1. ВИДОВОЙ СОСТАВ И ЧИСЛЕННОСТЬ РЫБ В СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЕ

Первые сведения о видовом составе рыб в Севастопольской бухте приводят П. Г. Емельяненко [34] и С. А. Зернов [38].

П. Г. Емельяненко обнаружил здесь в летний сезон 24 вида рыб. На самых малых глубинах он наблюдал в больших количествах зеленушек (*Labridae*), а на больших глубинах — значительное скопление морских ласточек (*Pomacentridae*). У северного побережья бухты в массовых количествах встречались колюшки, морские караси, зубарики, бычки и собачки. Из промысловых видов обычными в условиях были кефаль, спикара и султанка. Попадала в сети такая редкая рыба, как морской черт. По данным С. А. Зернова [38], в Севастопольской бухте встречались рыбы 40 видов, в том числе такие ценные промысловые виды, как осетровые, камбала-калкан, глосса, морской язык, уловы которых были весьма значительными. Нередким в уловах был морской петух.

Ихтиологические исследования в Севастопольской бухте были возобновлены через 40 лет. В 50-е годы Л. А. Дука [30] обнаружила в ней вдвое меньшее количество видов рыб [19], чем ее предшественники. Из промысловых рыб встречались

Таблица 28. Объем вылова промысловых рыб в Севастопольской бухте в 1952–1954 (данные Л. А. Дуки) и 1988–1990 гг. (наши данные), кг

Год	Ставрида	Кефаль	Султанка	Камбала	Хамса
1952	63679	2186	23222	86638	40483
1953	86856	30867	6477	54306	12007
1954	34887	11360	—	59760	53006
1988	0,018	—	0,012	—	—
1989	4	3	3	—	—
1990	0,5	—	4	—	0,005

только пять видов: султанка, ставрида, камбала-калкан, кефаль, хамса (табл. 28).

Нами в 1989–1990 гг. в Севастопольской бухте были выловлены рыбы 27 видов, относящихся к 15 семействам (табл. 29). Из промысловых видов в уловах встречались султанка, ставрида, кефаль, ласкирь, но численность их по сравнению с наблюдавшейся в 50-е годы была ничтожно малой (табл. 28–30).

Таблица 29. Видовой состав рыб в севастопольских бухтах

Вид	б. Севастопольская			б. Омега			б. Балаклавская				р-н Учкуевки
	1988	1989	1990	1987	1988	1989	1986	1987	1988	1989	1989
<i>Squalus acanthias</i>	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
<i>Dasyatis pastinaca</i>	—	+	—	—	—	—	—	—	—	+	—
<i>Alosa kessleri pontica</i>	—	+	+	—	—	—	+	+	+	+	—
<i>Sprattus sprattus phalericus</i>	—	—	—	—	—	—	—	+	—	+	—
<i>Engraulis encrasicolus</i>	—	—	+	—	—	—	—	+	+	+	+
<i>Gaidropsarus mediterraneus</i>	—	—	—	+	—	—	—	—	—	+	—
<i>Merlangius merlangus euxinus</i>	+	+	+	+	+	—	+	+	+	+	—
<i>Ophidion rochei</i>	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Atherina boyeri pontica</i>	—	+	—	—	—	—	—	+	—	—	—
<i>A. hepsetus</i>	—	+	+	—	—	—	+	+	+	+	—
<i>Belone belone euxini</i>	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	—

Вид	б. Севастопольская			б. Омега			б. Балаклавская				р-н Учкул-евки
	1988	1989	1990	1987	1988	1989	1986	1987	1988	1989	1989
<i>Syngnathus typhle</i>	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>S. variegatus</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Liza aurata</i>	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+	-
<i>Serranus scriba</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pomatomus saltator</i>	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-
<i>Trachurus mediterraneus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>ponticus</i>	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+
<i>Tr. trachurus</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>Spicara fle- xuosa</i>	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+
<i>S. maena</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Diplodus an- nularis</i>	-	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+
<i>Puntazzo puntazzo</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Sciaena umbra</i>	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-
<i>Mullus barba- tus ponticus</i>	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Chromis chromis</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Symphodus cinereus</i>	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	+
<i>S. ocellaris</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. roissali</i>	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	+
<i>S. tinca</i>	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+
<i>S. scina</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trachinus draco</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Uranoscopus scaber</i>	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>Scomber ja- ponicus</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Gobius niger</i>	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. ophioce- phalus</i>	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Mesogobius batracho cephalus</i>	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Neogobius cephalarges</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>N. melanos- tomus</i>	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+
<i>N. ratan</i>	-	-	+	+	-	+	-	-	-	+	-
<i>Pomatoschis- tus marmora- tus</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

Вид	б. Севастопо- льская			б. Омега			б. Балаклавс- кая				р-н Учку- евки
	1988	1989	1990	1987	1988	1989	1986	1987	1988	1989	1989
<i>Blennius san-</i> <i>quiolentus</i>	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	+
<i>B. tentacula-</i> <i>ris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Scorpaena</i> <i>porcus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Platichthys</i> <i>flesus lus-</i> <i>cus</i>	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Solea nasuta</i>	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-
Всего видов:											
по годам	9	19	23	24	3	14	11	18	12	25	14
по бухтам		27			25			29			14

Выпала из уловов камбала-калкан. Перестала заходить в бухты хамса, значительно упали уловы глоссы, спикары. Несмотря на очень малые уловы, собранный за три года материал позволяет судить об изменениях видового состава и численности рыб в Севастопольской бухте в зависимости от района исследований и сезона года.

На северной стороне бухты (станция II) отмечены 16 видов рыб (рис. 26, 27). По сезонам видовой состав рыб в уловах несколько различался. Зимой в этом районе в сетях рыба отсутствовала.

Весной уловы состояли из пяти видов рыб, среди которых по количеству и массе (83,3 и 83,9% соответственно) преобладали бычки (рис. 26, 27). Первое место среди бычков занимал кругляк (58,3 и 68,9%), затем травяник и мартовик. Морской ерш и султанка встречались в одинаковых небольших количествах (8,3%).

Летом видовое разнообразие рыб в данном районе возрастает. В уловах встречается 9 видов рыб. Бычки уступили доминирующее положение мерлангу и султанке (рис. 26, 27). Появились виды, которые отсутствовали весной: морской дракон, ставрида, темный горбыль.

Осенью уловы были наиболее разнообразные за счет появления единичных экземпляров таких видов, как морской карась, налим, атерина (14 видов) (рис. 16, 27). Бычки, как и летом, составляли всего 29,9%. Второе место в уловах занимала

Таблица 30. Видовой состав рыб в севастопольских бухтах по численности и массе, %

Год	Количество видов	Мерланг	Кругляк	Морской ерш	Султан-ка	Ставри-да	Лас-кирь	Рупе-на	Смари-да	Хамса	Кефаль	Прочие виды
Севастопольская бухта												
1989	22	1,2 1,1	5,5 5,5	0,48 1,54	21,9 13,9	27,9 10,7	18,9 20,4	0,24 0,49	2,9 1,6	-	18,9 10,4	1,88 24,0
1990	22	8,0 2,5	26,5 25,5	-	24,8 21,2	1,5 1,1	0,57 0,89	1,5 1,9	1,7 0,69	0,19 0,03	-	35,24 46,19
Бухта Омега												
1987	24	9,3 4,9	1,7 1,9	31,2 17,8	26,9 16,4	0,58 0,26	3,1 3,6	3,2 5,6	5,4 1,1	-	4,8 31,1	13,82 17,34
1989	13	-	1,1 1,3	4,8 10,2	10,9 8,8	-	1,3 1,2	73,7 72,2	-	-	-	8,2 6,3
1990	11	-	0,17 0,19	31,24 36,50	31,51 41,16	-	-	4,38 5,77	-	-	-	32,7 16,38
Балаклавская бухта												
1986	12	11,8 23,2	-	0,27 1,5	5,6 3,7	67,60 38,8	-	-	7,5 6,6	-	1,9 3,9	5,93 22,3
1987	18	9,3 10,2	0,16 0,43	0,16 0,39	3,8 4,2	43,5 35,9	0,65 2,1	-	3,9 3,7	8,5 3,7	1,9 18,9	28,13 20,48
1988	12	61,2 64,5	-	0,29 2,3	4,6 5,7	6,7 5,8	-	-	3,8 3,8	22,1 14,2	0,58 0,96	0,73 2,74
1989	25	8,9 5,6	-	0,17 0,71	17,1 16,1	19,8 18,6	3,6 4,2	0,8 3,6	5,9 3,7	23,7 5,1	0,50 0,10	19,53 42,29
1990	10	2,74 3,55	-	-	15,06 6,98	16,44 36,68	-	-	-	17,8 18,23	-	47,96 34,56

Примечание. В числителе — численность, в знаменателе — масса.

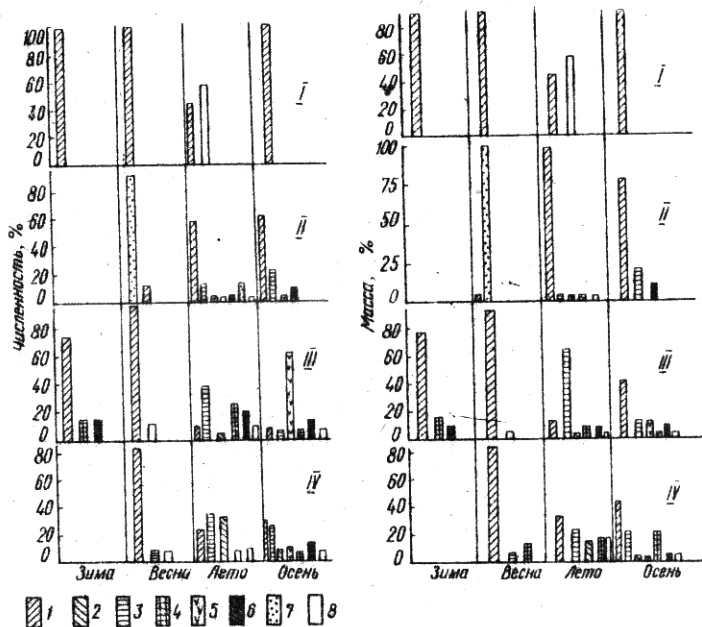


Рис. 26. Видовой состав и численность рыб в разных районах Севастопольской бухты (по количеству):
1 – бычки, 2 – мерланг, 3 – султанка, 4 – скорпена, 5 – ставрида, 6 – зеленушки, 7 – морские иглы, 8 – прочие; I – район устья р. Черной; II – район ГРЭС; III – Южная бухта; IV – район Северной стороны

Рис. 27. Видовой состав и численность рыб в разных районах Севастопольской бухты (по массе).
Обозначения как на рис. 26.

султанка (24,7%), а затем зеленушка-рябчик (14,4% по количеству) (рис. 26, 27).

У южного побережья бухты (станция III) на протяжении года встречались рыбы 16 видов, как и у северного побережья. Однако в качественном отношении уловы значительно различались. В этом районе большую долю среди выловленных рыб составляли зеленушки и морские собачки.

Зимой уловы состояли из четырех видов рыб. Преобладали бычки (75%), среди которых на долю кругляка приходилось 56,3%, мартовика – 18,8%. Морской ерш и зеленушка-рябчик были представлены единичными экземплярами.

Весной в этом районе в уловах встречались три вида рыб. Доминировали, как и зимой два вида бычков – кругляк и мартовик, которые составляли 88,9% по количеству и 94,7% по массе. Пойман 1 экз. атерины.

В летний период в этом районе в уловах встречались рыбы 11 видов. Преобладали султанка (36,2%), морской ерш (25,5%) и зеленушки (19,2%). Доля бычков составляла 8,5% (рис. 26, 27).

Осенью количество видов практически оставалось таким же, как и летом, но видовой состав несколько изменился. Появились единичные экземпляры спикары, темного горбыля, сельди. В уловах преобладала ставрида, которая составляла 62,2% по количеству от всех выловленных рыб. Бычков, как и летом, было немного – 7,7% (рис. 26, 27).

В районе ГРЭС (станция IV) видовой состав оказался беднее, чем на станциях II и III. В течение года здесь обнаружено 11 видов рыб. Только в этом районе креветочным саком были выловлены морские иглы (Sygnathidae). Весной представители этого семейства в уловах составляли до 92%.

В летний период в данном районе встречались рыбы 11 видов, из которых бычки составляли больше половины уловов (59,6% по количеству). Среди бычков доминировал кругляк (42,3%). Так же, как и весной, но в меньших количествах (13%) в сак попадали морские иглы. Рыбы других видов в уловах были немногочисленными.

Осенью видовое разнообразие сократилось вдвое. Доминировали по-прежнему бычки, среди которых первое место занимал травяник (40%). Значительный процент составляли султанка (22,4%) и зеленушка-рябчик (10,3%).

В кутовой части бухты (устье р. Черной, станция V) ихтиофауна наиболее бедна. Здесь в течение года зарегистрировано всего шесть видов рыб, причем во все сезоны в уловах преобладали бычки. Только в этом опресненном районе были пойманы два бычка-ратана. Другие виды в течение года встречались единично.

7.2. ВИДОВОЙ СОСТАВ И ЧИСЛЕННОСТЬ РЫБ В БУХТЕ ОМЕГА

Первые сведения о видовом составе рыб в этой бухте приводятся в работе А. Д. Гординой [19]. Согласно им в бухте Омега в 70-е годы фауна рыб насчитывала от 31 до 41 вида в зависимости от сезона года. Первое место по численности занимали зеленушки и морской ерш. Из промысловых встречались султанка, спикара, карась и другие. В годы наших наблюдений в бухте Омега численность рыб была примерно в 2 раза ниже, чем в 70-е годы. Всего в бухте в течение 1987–1990 гг. нами отмечено 25 видов рыб, количество видов по годам колебалось

от 14 до 24. Основу уловов составляли скорпена, султанка, рулена и другие (табл. 29, 30).

Наибольшее количество видов (24) зарегистрировано в 1987 г. В уловах преобладали скорпена, султанка, мерланг (табл. 29, 30); спикара, ласкирь, рулена составляли от 3 до 5%. Единично встречались каменный окунь, ошибень, морская ласточка, темный горбыль, морской язык, морской налим и другие виды. В 1989 г. число видов уменьшилось до 14 (табл. 30). В основном в сети попадали зеленушки, из которых 73,3% по численности и 72,2% по массе составляла рулена. Из промысловых видов султанка составляла всего 10,9%, ставриды в уловах не было. Численность морского ерша, составлявшая в 1987 г. до 31,2% от уловов, в 1989 г. сократилась до 4,5%, на долю ласкиря приходилось чуть больше 1% (табл. 30). Виды, которые встречались в 1987 г. единично, в уловах 1989 г. отсутствовали. Еще более бедный видовой состав рыб был отмечен в 1990 г. (11 видов). В уловах преобладали два вида: султанка (32%) и морской ерш (32%). В небольшом количестве отмечены из зеленушек рулена и перепелка (по 4,4%). Единично встречены морской язык, морская коровка, из бычков – мартовик, кругляк и травяник.

7.3. ВИДОВОЙ СОСТАВ И ЧИСЛЕННОСТЬ РЫБ В БАЛАКЛАВСКОЙ БУХТЕ

Первые сведения о видовом составе рыб в этом районе принадлежат П. Г. Емельяненко [34] и С. П. Зернову [38]. По их данным, в районе Балаклавы встречаются в большом количестве представители губановых (Labridae), морская ласточка, морская собачка (Bleenniidae), из промысловых рыб – кефалевые, спикара и др.

В 1981–1985 гг. в районе Ласпи – Севастополь, включающем Балаклавскую бухту, обнаружено 84 вида рыб [34]. Л. П. Салехова и др. [84] отмечают, что прибрежная ихтиофауна в данном районе в видовом отношении не изменилась, но качественное соотношение видов стало иным.

По нашим наблюдениям, в Балаклавской бухте количество видов рыб по годам колебалось от 10 до 25. В 1986 г. в уловах встречено 11 видов рыб, преобладали ставрида, мерланг, спикара (табл. 30). В 1987 г. в уловах насчитывалось 18 видов рыб. По-прежнему доминировала ставрида (43,5% общей численности). По данным рыбколхоза, ее улов в этом году составил 1776 кг. В большом количестве зашла в бухту хамса, уловы ко-

торой достигали 12530 кг (также по данным рыбколхоза). В меньшем количестве ловились спикара, султанка, мерланг. Встречались единичные экземпляры луфаря, саргана (табл. 30).

В 1988 г. ловились рыбы 12 видов. Соотношение видов в уловах изменилось (табл. 29, 30). В марте этого года в Балаклавскую бухту зашло большое количество кефали-сингиля. За 1 мес (по данным рыбколхоза) ее промыслом было изъято 4821 кг.

В 1989 г. в районе Балаклавы количество видов рыб в уловах увеличилось до 25 за счет рулены, рябчика, глоссы, морского языка, темного горбыля и других. В этот год (по данным рыбколхоза) отмечена вспышка численности султанки. Так, если в 1987 г. ее вылов составлял 1492 кг, в 1988 г. – 4497 кг, то в 1989 г. – 34108 кг.

Представляют большой интерес случаи поимки в районе Балаклавы видов рыб, которые здесь встречаются очень редко. В 1987 г. здесь были выловлены 1 экз. самки восточной скумбрии – *Scomber japonicus* размером 24 см и массой 133 г и 4 экз. атлантической ставриды (*Trachurus trachurus*). Эти виды распространены в Средиземном море, прилегающих к нему морях и в восточной половине Атлантического океана. В Черном море встречаются единично вдоль берегов Болгарии (Созопол), Румынии, Крыма и северо-западной части Черного моря (у с. Черноморки – 1 экз.) [87].

В июле 1989 г. в Балаклавской бухте в ставник попал 1 экз. самки мэнолы – *Spicara maena* – размером 15 см, весом 42 г. Распространен этот вид в Средиземном море и прилегающих морях. В Черном море у берегов Болгарии в августе 1952 г. был пойман 1 экз. длиной 15 см [87]. По данным Л. П. Салеховой [83], в районе Крыма в 1970–1976 гг. было выловлено 27 экз. и в 1972 г. в районе Кавказа – 3 экз. мэнолы.

Результаты ихтиологических исследований показали, что видовое разнообразие фауны рыб в бухтах уменьшилось почти в 2 раза по сравнению с 1981–1985 гг. Севастопольская бухта, самая крупная и глубоко вдающаяся в сушу, в настоящее время отличается наибольшей бедностью рыбного населения. Если количество видов рыб в ней примерно такое же, как в Омеге и Балаклавской бухте, то численность рыб в несколько раз ниже. Фактически Севастопольская бухта полностью утратила значение хорошего промыслового района моря, каким она была в 50-е годы.

7.4. ПИТАНИЕ РЫБ В СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЕ

Питание рыб в Севастопольской бухте ранее не изучалось. Наши материалы позволяют наиболее полно охарактеризовать питание только двух массовых видов рыб — бычка-кругляка и султанки. По другим видам приводим предварительные данные.

Бычок-кругляк относится к зоофагам, питается преимущественно моллюсками, которые составляют более 60% пищевого комка (*Mytilaster*, *Syndesmia*, *Modiola*, *Phaseolina* и др.). В питании молодых особей заметную роль играют ракообразные и полихеты [2, 44, 45, 104].

По нашим данным, пищевой спектр бычка-кругляка в Севастопольской бухте включал 19 организмов, из которых основу составляли моллюски (табл. 31). Количество питающихся рыб и пищевой спектр бычка-кругляка резко отличались по районам. Из всех обработанных рыб в районе Северной стороны (станция II) 34,6% рыб были с пустыми желудками. Пищевой спектр питающихся рыб состоял из 14 организмов с преобладанием моллюсков (94% по количеству и 88,3% по массе от всех пищевых организмов, встреченных в желудках рыб). На первом месте среди них стоит кардиум (38,5%), затем в порядке убывания следуют: *M. parva* (18,8%), *M. galloprovincialis* (9,4%), *R. splendida* (5,9%), *H. acuta* (4,3). Результаты исследований, проведенных одновременно с нами А. Петровым, свидетельствуют о том, что преобладающие в пище кругляка моллюски доминируют и в бентосных сборах. Другие организмы в желудках кругляка встречались единично. Ракообразные и полихеты играли в питании кругляка меньшую роль. Они составляли менее 1% (табл. 31).

У южного берега бухты (станция III) питание бычка-кругляка резко отличается. Здесь из всех обработанных рыб 76% составили особи с пустыми желудками. В желудках других рыб зарегистрировано вдвое меньше пищевых организмов, чем у рыб на северной стороне бухты. Однако в питании бычка-кругляка также преобладали моллюски (85,3% по численности и 80,4% по массе), из них чаще всего встречались кардиум, мидии и риссоа. Кроме того, существенную долю в пищевом комке составляли креветки, идотеи и асцидии, которые не были встречены в желудках рыб на северной стороне бухты.

В районе ГРЭС (станция IV) в желудках бычка-кругляка отмечены десять пищевых организмов и непитающиеся рыбы составили всего 10%. Моллюски, как и в вышеуказанных районах, были главным объектом в питании бычка-кругляка.

Таблица 31. Состав пищи бычка-кругляка в разных участках Севастопольской бухты по количеству и массе, %

Пищевые организмы	Станция			
	II	III	IV	V
Bivalvia				
<i>Parvicardium exigum</i>	$\frac{38,47}{48,96}$	$\frac{20,83}{19,83}$	$\frac{14,96}{17,50}$	—
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	$\frac{9,40}{24,14}$	$\frac{20,84}{32,20}$	$\frac{35,88}{22,89}$	—
<i>Abra nitida</i>	$\frac{0,85}{0,09}$	—	—	—
<i>A. ovata</i>	$\frac{1,71}{3,88}$	—	—	—
Gastropoda				
<i>Rissoa splendida</i>	$\frac{5,98}{0,29}$	$\frac{4,17}{0,43}$	$\frac{2,87}{5,24}$	—
<i>Mohrensternia parva</i>	$\frac{18,80}{3,21}$	$\frac{37,50}{27,94}$	—	—
<i>Hydrobia acuta</i>	$\frac{4,28}{0,16}$	—	—	—
<i>Bittium reticulatum</i>	$\frac{2,56}{0,58}$	—	$\frac{1,44}{0,26}$	—
<i>Calyptrea chinensis</i>	$\frac{0,85}{2,30}$	—	—	—
Прочие моллюски	$\frac{11,12}{4,68}$	—	$\frac{2,87}{2,32}$	$\frac{12,5}{14,45}$
Polychaeta	$\frac{0,85}{0,18}$	—	—	$\frac{62,50}{0,20}$
Crustacea				
<i>Idotea baltica</i>	—	$\frac{8,32}{5,76}$	—	—
<i>Balanus improvisus</i>	$\frac{4,28}{2,48}$	—	$\frac{29,68}{33,96}$	$\frac{6,25}{27,52}$
<i>Crangon crangon</i>	$\frac{0,85}{9,05}$	$\frac{4,17}{2,99}$	$\frac{6,69}{13,24}$	—
Прочие ракообразные	—	—	$\frac{0,36}{0,32}$	$\frac{12,50}{14,56}$
<i>Ascidacea</i>	—	$\frac{4,17}{10,85}$	$\frac{1,91}{1,03}$	—

Пищевые
организмы

Станция

II

III

IV

V

Algae

—

—

3,36
3,35

—

Pisces

—

—

6,25
43,27

Примечание. В числителе — количество пищи, в знаменателе — масса.

Среди моллюсков доминировали мидии (35,9%). На моллюсков приходилось 48,2% по массе и 58% по количеству. В отличие от первых двух станций у рыб в данном районе часто встречались баланусы (29,7% и 33,9% соответственно). Другие организмы были в незначительном количестве (табл. 31). В районе р. Черной (станция V) бычок-кругляк с пустыми желудками составлял 17%, из питающихся рыб отмечено всего пять видов пищевых организмов, из которых баланусы составляли 62,5%, а на долю моллюсков пришлось всего 12% (табл. 31).

Таблица 32. Состав пищи султанки в разных участках Севастопольской бухты по количеству и массе, %

Пищевые организмы	Станция	
	III	IV
Bivalvia		
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	$\frac{5}{1,39}$	$\frac{2,48}{1,13}$
<i>Modiola adriatica</i>	$\frac{5}{2,78}$	—
<i>Polititapes</i> sp.	$\frac{25}{13,89}$	—
<i>Lucinella divaricata</i>	$\frac{5}{2,78}$	—
Gastropoda		
<i>Rissoa splendida</i>	—	$\frac{25,41}{1,41}$
<i>Bittium reticulatum</i>	$\frac{5}{1,39}$	—
Crustacea		
Decapoda		
<i>Crangon crangon</i>	$\frac{10}{51,38}$	—

Султанка питается в основном донными беспозвоночными. У берегов Крыма в районе Севастополя в ее пище преобладали полихеты (*Clycega*, *Ophelia*, *Pectinaria* и др.), молодь моллюсков (*Syndesmia*, *Tellina*, *Cyclonassa*, *Rissoa* и др.) и лишь отчасти мелкие ракообразные [11].

По нашим данным, у южного берега бухты (станция III) 69% рыб были с пустыми желудками. У питающихся рыб основу питания составляли моллюски — 40%, затем

Пищевые организмы	Станция	
	III	IV
Прочие Decapoda	—	10,66 38,12
Amphipoda	—	17,22 8,60
Gammaridae	25 15,28	—
Isopoda	—	—
Idotea baltica besteri	20 11,11	—
Synisoma capito	—	1,64 3,28
Polychaeta	—	—
Nereis succinea	—	40,97 45,54
Algae	—	1,62 1,92

Примечание. В числителе — численность, в знаменателе — масса.

амфиподы — 25% и изоподы — 20% (табл. 32). Полихеты в пищевом комке отсутствовали. В районе ГРЭС (станция IV) рыбы с пустыми желудками составляли 20%, остальные питались преимущественно полихетами *Nereis succinea*, которые в пищевом комке составляли 40,9% по количеству и 45,5% по массе. Второе место в питании занимал моллюск *Rissoa splendida*, составляющий 25,4% от всех пищевых организмов, затем амфипода (17,2%) и декапода (10,6%). Остальные организмы играли незначительную роль в питании султанки (табл. 32).

В районе р. Черной (станция V) обработаны всего четыре султанки, из них одна была с пустым желудком. В желудках трех особей были только декаподы.

В районе северной стороны (станция II) проанализировано питание единично встречающихся рыб двух видов бычков (мартовик и травяник) и скорпены. Среди бычков 50% составляли рыбы с пустыми желудками, у питающихся особей в пищевом комке преобладала мидия. У всех скорпен желудки были пустые.

В районе южной стороны бухты (станция III) исследовано питание бычка-мартовика и скорпены. У этих видов желудки на 60–70% были пустыми. У бычка-мартовика в желудках был обнаружен только кардиум. Пищевой спектр скорпены состоял из пяти организмов. Преобладала рыба (44,5% по численности и 78,4% по массе) и декаподы (22,2% по численности и 21,2% по массе). Из других организмов в желудках скорпены отмечены моллюски риссоа и битиум (22,2% по численности) и ракообразные (11%). Все проанализированные 25 экз. ставриды оказались с пустыми желудками.

В районе ГРЭС (станция IV) у бычка-травяника особи с пустыми желудками составили всего 16%. У остальных рыб пищевой комок содержал в основном водоросли (91% по количеству и 81% по массе) и немного декапод (6–8%).

В результате анализа данных по питанию рыб в Севастопольской бухте можно сделать следующие выводы.

1. Во всех районах Севастопольской бухты прибрежные рыбы питались наиболее массовыми формами макрозообентоса.

2. Наибольшее количество рыб с пустыми желудками было отмечено в участке перед входом в Южную бухту. Наиболее благоприятные условия для питания прибрежных рыб имеются в районах ГРЭС и р. Черной.

7.5. РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНОЙ СОСТАВ БЫЧКА-КРУГЛЯКА И СУЛТАНКИ В СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЕ

Размерно-возрастной состав рыб в этом районе Черного моря ранее не изучался. Поэтому мы решили восполнить этот пробел, используя наиболее массовые виды, встречающиеся во всех районах бухты – бычка-кругляка и султанку. Для рыб, которые встречались редко и не во всех районах, в табл. 33 приведены данные по длине и массе.

Литературных данных о возрасте бычка-кругляка, обитающего в Черном и Азовском морях, немного. Так, в районе Ка-

Таблица 33. Длина и масса рыб в разных районах Севастопольской бухты в 1990 г.

Вид	n	Длина, см	Масса, г
Северная сторона (станция II)			
Бычок-мартовик	13	10,2–22,5 (19,4)	40,9–153,5 (93,9)
Бычок-травяник	6	12,1–16,5 (13,6)	19,5–53,6 (35,8)
Бычок черный	11	6,2–11,1 (7,7)	4,7–13,6 (8,3)
Спикара	18	9,6–13,5 (11,7)	10,64–34,41 (21,8)
Скорпена	15	10,8–18,5 (14,8)	36,56–209,4 (78,0)
Ставрида	11	8,3–16,2 (11,9)	8,3–33,82 (17,9)
Вход в Южную бухту (станция III)			
Бычок-мартовик	11	15,1–20,0 (17,4)	55,9–119,7 (80,5)
Бычок-травяник	4	13,1–14,5 (13,6)	36,37–52,24 (31,9)
Спикара	7	6,7–10,7 (9,7)	6,48–26,53 (20,0)
Скорпена	30	8,0–14,4 (11,2)	21,48–101,08 (57,8)
Ставрида	131	8,4–12,8 (10,5)	8,52–21,68 (16,0)
Рулена	5	9,7–11,1 (10,2)	27,0–38,99 (31,2)
Морская собачка	2	11,7–13,3 (12,5)	38,0–54,39 (42,23)

Вид	n	Длина, см	Масса, г
Район ГРЭС (станция IV)			
Бычок-травяник	39	7,0–14,9 (13,4)	4,99–64,60 (44,4)
Ставрида	4	12,4–13,2 (12,8)	28,6–35,04 (31,6)
Рябчик	19	8,2–10,5 (9,33)	18,02–37,87 (25,7)
Район устья р. Черной (станция V)			
Бычок-травяник	6	11,4–12,7 (12,0)	33,67–40,45 (39,06)
Сельдь	6	12,0–15,6 (13,3)	31,62–58,38 (41,3)

Примечание. В скобках указаны средние значения.

радага встречались особи этого вида в возрасте 1+ и 2+. Самцы достигали 9,5–10,5 см в длину, самки – 7,5–8,0 см. Максимальные пределы этих величин 13,0–13,5 см [99]. По данным В. А. Костюченко, в Азовском море бычок-кругляк встречался до 6 лет, но преобладали в улове трех и четырехлетки [14]. По нашим данным, в Севастопольской бухте бычок-кругляк был представлен пятью возрастными группами. Длина рыб колебалась от 6 до 17 см (рис. 28). Размерно-возрастная структура кругляка отличалась по районам. Наиболее крупный бычок отмечен на Северной стороне бухты (станция II). Длина рыб здесь колебалась от 6 до 17 см, при модальном классе 12–13 см. В указанном районе доминировали особи в возрасте 2+, они составляли 50% от общего количества рыб. На втором месте оказались рыбы в возрасте 1+ (35%), на третьем – в возрасте 3+ (13,7%) и единично – в возрасте 4+ (2,9%) (рис. 28).

В составе уловов в районе выхода из Южной бухты (станция III) доминировали мелкие особи. Рыбы длиной 10–11 см составляли 30% от общего числа выловленных экземпляров. В начале Южной бухты, как и на Северной стороне (станция II) бычок-кругляк был представлен четырьмя возрастными группами (рис. 28), но здесь преобладали рыбы в возрасте 1+, составляющие 70% общего количества рыб.

В районе ГРЭС (станция IV) были выловлены рыбы длиной от 7 до 14 см при средней длине 12–13 см. Они принадлежали к трем возрастным группам (рис. 28) с преобладанием рыб в возрасте 2+.

В районе устья р. Черной бычок характеризовался наиболее узким размерным диапазоном – от 10 до 13 см и был представлен двумя возрастными группами 1+ и 2+ (рис. 28). Трехлетки (2+) составляют 57,1%.

Итак, сравнивая размерно-возрастной состав бычка-круг-

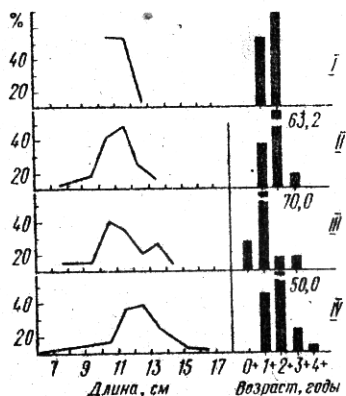


Рис. 28. Размерно-возрастной состав бычка-кругляка в разных районах Севастопольской бухты:

I – район р. Черной, II – район ГРЭС, III – Южная бухта, IV – район Северной стороны

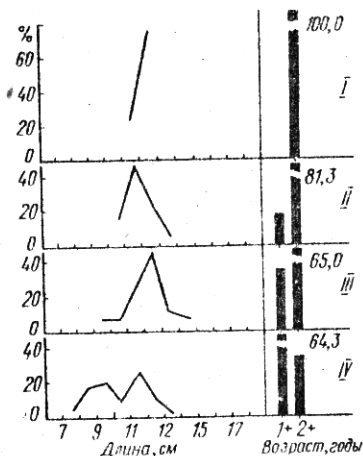


Рис. 29. Размерно-возрастной состав султанки в разных районах Севастопольской бухты.

Обозначения как на рис. 28

ляка из разных участков Севастопольской бухты, можно сделать вывод, что по мере продвижения от открытой части в глубь бухты размер и возраст рыб уменьшаются при одном и том же модальном классе 11–13 см.

Султанка, по литературным данным, достигает семигодовалого возраста, но в уловах обычно преобладают рыбы одного и двухгодовалые [2].

В районе Севастопольской бухты в 1990 г. уловы султанки были представлены только двумя возрастными группами (1+, 2+) (рис. 29). Размеры рыб в бухте в целом колебались от 7 до 14 см. Размерно-возрастной состав изменялся по районам. Так, на Северной стороне бухты встречались рыбы длиной от 7 до 14 см в возрасте 1+, 2+. Доминировали особи длиной 11–12 см в возрасте 1+, которые составляли 64%. У входа в Южную бухту и в районе ГРЭС султанка в уловах была более крупная (9–15 см), преобладали рыбы в возрасте 2+ (65%). В кутовой части бухты (устье р. Черной) султанка встречалась очень редко, единичными экземплярами длиной 11–13 см в возрасте 2+.

8. НАРУШЕНИЕ ООГЕНЕЗА У НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РЫБ В РАЗГАР ПЕРЕСТОВОГО СЕЗОНА

Резорбция яйцеклеток у рыб в процессе развития половых желез и их функционирования – явление нормальное и достаточно хорошо изученное. С помощью резорбции ооцитов у рыб регулируется индивидуальная плодовитость, обеспечивается нормальный ход нереста, сохраняется свойственная виду скорость созревания и вымета отдельных порций икры, обеспечивается своевременное освобождение яичников от пустых фолликулов и остаточных икринок. Массовая резорбция зрелых икринок и желтковых ооцитов наблюдается в случаях нарушения или отсутствия необходимых для нереста условий и является одним из ранних признаков неблагоприятной нерестовой ситуации [8, 15, 35, 39, 48, 89, 101, 102].

Б. В. Кошелев [48] обобщил литературные данные и результаты собственных исследований резорбции половых клеток у рыб с разными типами икрометания и показал важность этого явления в воспроизводстве рыб. Он рассматривает резорбцию ооцитов с двух сторон: во-первых, как естественный физиологический процесс, связанный с обязательным удалением опустевших фолликулов и остаточных икринок после икрометания и, во-вторых, как процесс, обусловленный неблагоприятными условиями существования, приводящими к нарушению функционирования репродуктивной системы рыб. Ранее резорбция яйцеклеток у рыб наблюдалась довольно редко [15, 48], но в связи с гидростроительством, возведением плотин, созданием водохранилищ и другими видами хозяйственной деятельности человека, приведшими к нарушению нерестовых условий для многих пресноводных, проходных и полупроходных рыб, массовая резорбция ооцитов у них стала обычным явлением [48].

Резорбция яйцеклеток осуществляется в основном с помощью клеток фолликулярного эпителия. В этом процессе участвуют также клетки типа гистиоцитов и макрофаги. Резорбционный процесс начинается обычно с морфологических изменений фолликулярного эпителия и смещения ядра к пери-

ферии ооцита, где его оболочка растворяется, а карิโอплазма сливается с плазмой ооцита. Затем нарушается оболочка ооцита, фолликулярные клетки проникают внутрь и начинают фагоцитировать желток. Резорбция желтковых ооцитов у одних видов рыб заканчивается образованием "запустевшего фолликула", у других – скоплением клеток, богатых пигментом [101]. На гистологических препаратах резорбирующиеся ооциты хорошо заметны благодаря разорванной на кусочки радиальной оболочке. У рыб разных видов имеются отличия в процессе резорбции ооцитов разных фаз развития, но это предмет особого исследования и в данном случае мы не будем его касаться.

Мы рассматриваем резорбцию половых клеток в первую очередь как показатель неблагоприятных условий жизни рыб. Возобновив изучение оогенеза у черноморских рыб после почти 30-летнего перерыва, мы впервые столкнулись с явлением массовой дегенерации яйцеклеток у некоторых видов. Поэтому в 1989–1990 гг. параллельно с наблюдениями за ходом нереста рыб в бухтах по ихтиопланктонным сборам, выполненным ихтиопланктонистами, мы провели гистологический анализ половых желез 191 самки 16 видов рыб. Среди них доминировали представители 5 видов, на которые пришлось 159 самок. Остальные 11 видов были представлены единичными экземплярами. Кроме этого, к анализу были привлечены гистологические препараты гонад 227 самок 4 видов рыб, изготовленные автором данного раздела в 1960 г. [65]. Результаты анализа, приведенные в табл. 34, свидетельствуют о том, что в нерестовые сезоны 1989 и 1990 гг. в районе Карадага количество рыб с признаками массовой дегенерации ооцитов разных фаз развития значительно возросло по сравнению с 1960 г., а в сева-стопольских бухтах процент рыб с нарушенным оогенезом оказался намного выше, чем в эти же годы в районе Карадага. В табл. 35 показано соотношение половозрелых самок рыб с нормальным оогенезом и нарушенным, т. е. имеющим признаки массовой резорбции желтковых ооцитов одной или нескольких фаз развития, в разных бухтах в районах Севастополя. В связи с тем, что в сева-стопольских бухтах численность рыб уменьшилась в десятки и сотни раз по сравнению с 50-ми годами, собрать материал в нужном объеме оказалось затруднительным. В уловах рыбы большинства видов встречались единичными экземплярами, поэтому количество нерестящихся рыб, чьи гонады были использованы для гистологического анализа, оказалось небольшим (табл. 35). К числу наиболее часто встречающихся и в сравнительно больших количествах

Таблица 34. Состояние половых желез у самок некоторых видов рыб (1960 и 1989–1990 гг.)

Вид	Год, месяцы	Район	Количество самок, экз.		
			с нормальным оогенезом	с нарушенным оогенезом*	все-го
<i>Mullus barbatus ponticus</i>	1960, V–VIII	Карадаг	93	11 (10,5)	104
	1989, V–VII	"	19	7 (26,9)	26
	1990, V–VIII	Бухты в р-не Севастополя	14	12 (43,0)	26
<i>Trachurus mediterraneus</i>	1960, V–VII	Карадаг	78	5 (6,0)	83
	1989, V–X	"	30	10 (25,0)	40
	1989, VI–VII	Севастопольская бухта	1	5 (83,3)	6
	1990, IV–VIII	Карадаг	29	— —	29
<i>Scorpaena porcus</i>	1990, V–XII	Бухты в р-не Севастополя	21	20 (48,7)	41
<i>Spicara flexuosa</i>	1960, V–VII	Карадаг	11	— —	11
	1990, IV–VII	Бухты в р-не Севастополя	7	5 (41,3)	12
	1990, V–VI	Бухты в р-не Севастополя	4	4 (50,0)	8

*В скобках указан % к общему числу самок.

Таблица 35. Соотношение самок рыб с нормальным и нарушенным оогенезом в различных бухтах

Вид	б. Севастопольская	Василева балка	б. Батилиман	б. Омега	р-н Учкеевки	Количество рыб, экз.
<i>Merlangus merlangus euxinus</i>	—	—	2/1	—	—	3
<i>Atherina hepsetus</i>	—	—	0/2	—	—	2
<i>Trachurus mediterraneus ponticus</i>	1/5	—	—	—	—	6
<i>Spicara flexuosa</i>	7/2	—	0/3	—	—	12
<i>Mullus barbatus ponticus</i>	12/8	—	—	2/3	0/1	26
<i>Symphodus cinereus</i>	—	—	0/1	—	—	1
<i>S. tinca</i>	—	0/3	5/0	—	—	8
<i>Gobius cobitis</i>	—	—	2/1	—	—	3
<i>G. niger</i>	4/0	—	—	—	—	4
<i>G. ophiocephalus</i>	1/0	—	—	—	—	1
<i>Mesogobius batrachecephalus</i>	3/1	—	—	—	—	4

Вид	б. Сева- стопольская	Василе- ва бал- ка	б. Бати- ли- ман	б. Оме- га	р-н Учк- евки	Коли- чество рыб, экз.
<i>Neogobius melanostomus</i>	1/0	—	2/0	—	—	3
<i>Scorpaena porcus</i>	6/7	4/9	10/1	1/2	0/1	41
<i>Trigla lucerna</i>	—	—	4/0	—	—	4
<i>Psetta maeotica</i>	—	—	—	0/1	—	1
<i>Platichthys flesus luscus</i>	1/0	—	5/0	—	—	6

можно отнести лишь султанку и морского ерша. Тем не менее весь материал, полученный в разных бухтах в районе Севастополя, свидетельствует об ухудшении в них условий жизни рыб, приводящем к нарушению их размножения. Следует отметить, что у бычков реже встречаются самки с резорбирующимися ооцитами, чем у других видов рыб (табл. 35). Возможно, бычки более устойчивы к воздействию неблагоприятных факторов, в частности ядовитых химических веществ-загрязнителей, чем другие виды.

Исследования оогенеза и особенностей нереста черноморской султанки, морского ерша и других видов рыб, осуществленные нами в 50–60-е годы [65], показали, что у черноморской султанки, размножающейся летом и выметывающей икру ежедневно, резорбция остаточных икринок и пустых фолликулов происходит очень быстро – за 1–2 сут. Довольно быстро осуществляется у нее и резорбция целой порции икры, подготовленной к вымету, но не выметанной в силу каких-либо причин. Мы наблюдали прекращение нереста султанки в районе Карадага из-за резкого понижения температуры воды (до 13°) в результате сгонного ветра и возобновление икрометания через 2 сут. В 1960 г. в районе Карадага среди выловленных нами рыб не встречались самки султанки с массовой резорбцией ооцитов. Отмечены лишь единичные экземпляры, у которых незначительная часть ооцитов имела признаки дегенерации. Картину тотальной резорбции половых клеток мы наблюдали только у нескольких самок, которые жили в аквариумах, но в отличие от большинства других особей не размножались в неволе. А тридцать лет спустя экологическая ситуация на Черном море существенно изменилась, и мы наблюдаем совсем иную картину – в севастопольских бухтах и у Карадага в уловах большой процент составляют самки султанки и других видов рыб, в яичниках которых в разгар нерестового сезона происходит массовая резорбция ооцитов (табл. 34, 35). Интен-

сивность этого процесса различна у разных особей. У одних самок в состоянии дегенерации находятся ооциты какой-либо фазы развития, часто это бывают ооциты старшей генерации, т. е. очередной порции. Яйцеклетки последующих генераций развиваются нормально. У других самок резорбцией охватываются желтковые ооциты промежуточных фаз развития, а ооциты старшей генерации развиваются нормально. Встречаются и такие особи, у которых признаки дегенерации имеют все ооциты, включая и клетки периода протоплазматического роста.

На рис. 30–32 представлены гистологические срезы яичников черноморской султанки. Самка, пойманная 5 июня, имела гонады в VI–(IV–V) стадии зрелости, т. е. старшая генерация ооцитов в ней находилась в переходной фазе развития – от фазы заверченного вителлогенеза к фазе зрелого ооцита. Данная самка уже нерестилась, о чем свидетельствуют пустые фолликулы на срезе (рис. 30, а). На срезе видны также остатки резорбирующихся зрелых икринок и наполненные желтком ооциты с признаками дегенерации различной степени (рис. 30, а, б). Судя по гистологическому срезу, можно сказать, что данная самка выметала порцию икры, оставшиеся от нее икринки подверглись резорбции. Очередная порция ооцитов развивается нормально, а ооциты последующих генераций подверглись резорбции. Таким образом, после вымета еще одной порции икры данная самка, очевидно, в этом сезоне уже не смогла бы нереститься, а сезон только начался.

14 июня и в июле в уловах также встречались самки султанки с массовой резорбцией желтковых ооцитов (рис. 31). Помимо рыб, в яичниках которых начальные процессы резорбции представлены четкими картинками, а именно разорванной на кусочки радиальной оболочкой, в уловах встречались самки, гистологические срезы яичников которых выглядели необычно – ооциты разных фаз развития имели сильно извитую оболочку и слившееся в бесформенную массу содержимое (рис. 32, а–в). Очевидно, в данном случае развитие ооцитов происходит аномально.

У рыб других видов картины массовой резорбции ооцитов выглядели так же, как у султанки. На рис. 33, а, б представлен срез яичника ставриды, пойманной 5 июня, а на рис. 34, а, б – 26 июня.

В результате проведенных исследований мы пришли к выводу, что нарушения оогенеза у рыб, выразившиеся в массовой резорбции ооцитов разных фаз развития в разгар нерестового сезона, являются следствием неблагоприятных условий жиз-

ни рыб в прибрежной зоне моря, сложившихся в результате загрязнения воды, грунта и кормовых организмов нефтепродуктами, ртутью и другими ядовитыми веществами антропогенного происхождения. Токсиканты воздействуют на всю биоту бухт и узкоприбрежной полосы, приводя к количественному и качественному обеднению фауны и флоры. Воздействие ядовитых веществ на рыб возможно как непосредственно, особенно на ранних этапах онтогенеза, так и опосредованно через оскудение кормовой базы, а также накопление пищевыми объектами токсических соединений.

Естественный для рыб процесс атрезии половых клеток в период функционирования репродуктивной системы — один из важных адаптивных процессов, обеспечивающих воспроизводство рыб в меняющихся условиях среды. Однако в современных условиях мощного воздействия на среду обитания рыб антропогенного фактора этот процесс имеет другие масштабы. Резорбция ооцитов ежегодно существенно снижает плодовитость почти у половины нерестового стада рыб различных видов. Систематическое уменьшение индивидуальной и популяционной плодовитости в конечном итоге приводит к сокращению численности популяций, что мы и наблюдаем в севастопольских бухтах.

9. ИХТИОПЛАНКТОН СЕВАСТОПОЛЬСКИХ БУХТ

9.1. ВИДОВОЙ СОСТАВ И КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИКРИНОК И ЛИЧИНОК РЫБ

Рыбы на ранних этапах развития наиболее чувствительны к воздействию неблагоприятных факторов среды и особенно уязвимы по отношению к токсическому фактору. В связи с этим учет состояния ихтиопланктона является одним из элементов диагностических наблюдений в морских экосистемах, подвергнутых токсикологическому стрессу [68].

В задачу исследований входило выявить влияние антропогенного воздействия на ихтиопланктон бухт в районе Севастополя (Севастопольской, Омеги, Казачьей и Учкеевки), исследовать питание личинок рыб и на основании данных по численности икры и личинок рассчитать ущерб, нанесенный рыбному хозяйству.

9.1.1. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор ихтиопланктона проводили сетью Богорова – Расса из мельничного сита №23 с площадью входного отверстия $0,5 \text{ м}^2$. Для определения численности икринок и личинок рыб облавливали столб воды от дна до поверхности и расчет производили под 1 м^2 поверхности моря. Для выявления качественного состава и вертикального распределения ихтиопланктона в течение 10 мин буксировали сеть у поверхности и у дна. Определяли пройденный путь, и численность икринок и личинок рассчитывали на 100 м^3 профильтрованной воды.

Питание личинок рыб изучено на материалах, собранных в 1989–1990 гг. в пяти районах Севастопольской бухты. Параллельно с А. Д. Губановой был собран микро- и мезозоопланктон и определены видовой состав и численность организмов. Обработка личинок на питание произведена по общепринятой методике [33, 54]. Вес кормовых организмов определен по реконструированным весам [69]. По возможности пищевые организмы определяли до вида и стадии развития.

9.1.2. ИХТИОПЛАНКТОН СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ

В. А. Водяницкий [13] указывал на нерест в Севастопольской бухте более 40 видов рыб. По данным Л. А. Дука [31], этот район являлся местом размножения 34 видов рыб, в том числе таких промысловых видов, как камбала-калкан, хамса, барабуля, ставрида. По количеству икры ставриды и барабули Севастопольская бухта была равноценна Керченскому предпроливному пространству, где эти виды нерестились весьма интенсивно. Кроме указанных видов в Севастопольской бухте встречалась в небольшом количестве икра пелагиды, регулярно ловились икринки звездочета. Икринки тунца, темного горбыля, морского языка, морской мыши, шпрота встречались очень редко и в небольшом количестве – от 1 до 5 штук. При драгировании вылавливали отдельные кладки икры бычков и собачек. С мая по август в планктоне были многочисленными личинки бычков, собачек, присосок и зеленушек.

Исследования, проведенные в Севастопольской бухте в 1988–1990 гг., показали, что видовой состав и численность ихтиопланктона существенно изменились (табл. 36). Нами отмечен

Таблица 36. Максимальное количество пелагической икры в Севастопольской бухте в 1952–1954 и 1988–1990 гг. (икринок на один 10-минутный поверхностный лов)

Вид	1952	1953	1954	1988	1989	1990
<i>Sprattus sprattus phalericus</i>	27	9	—	—	—	13
<i>Engraulis encrasicolus ponticus</i>	947	3060	6800	5973	5	53
<i>Gaidropsarus mediterraneus</i>	840	605	—	—	66	8
<i>Merlangius merlangus euxinus</i>	6	37	16	—	—	—
<i>Mugil cephalus</i>	2	16	6	—	—	—
<i>Liza saliens</i>	—	—	—	1	—	—
<i>Pomatomus saltatrix</i>	—	—	—	1	—	—
<i>Serranus scriba</i>	15	39	9	19	—	—
<i>Trachurus mediterraneus</i>	1212	818	25	110	1	18
<i>Sciaena umbra</i>	1	3	—	—	—	—
<i>Diplodus annularis</i>	2	5	300	157	—	10
<i>Mullus barbatus ponticus</i>	266	1034	20	23	1	16
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	50	180	424	1	2	1
<i>Uranoscopus scaber</i>	4	5	1	2	—	—
<i>Trachinus draco</i>	120	217	78	1	—	8
<i>Ophidion rochei</i>	—	32	4	159	—	50
<i>Callionymus pussilus</i>	—	—	2	—	—	—
<i>Sarda sarda</i>	20	43	11	—	—	—
<i>Trunnus thynnus</i>	12	2	1	—	—	—
<i>Scorpaena porcus</i>	84	704	45	6	2	9
<i>Psetta maeotica</i>	3	2	250	—	—	3
<i>Solea nasuta</i>	3	—	1	1	—	—

Таблица 37. Средняя численность икринок и личинок рыб в районах Севастопольской бухты, экз./м²

Год	Зима	Весна	Лето	Осень
Выход из бухты				
1988	—	—	$\frac{99,5}{0,8}$	—
1989	$\frac{10,0}{0}$	$\frac{0}{9,0}$	$\frac{23,0}{13,0}$	$\frac{0,4}{0}$
1990	$\frac{16,2}{0}$	$\frac{1,5}{1,0}$	$\frac{6,0}{1,0}$	$\frac{6,5}{0,2}$
Южная бухта				
1988	—	—	$\frac{3,0}{2,0}$	—
1989	$\frac{2,0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1,0}{3,0}$	$\frac{2,0}{0}$
1990	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{4,0}$	$\frac{1,0}{9,0}$	$\frac{0,8}{0}$
Северная сторона				
1990	$\frac{2,0}{0}$	$\frac{1,0}{11,0}$	$\frac{2,0}{5,0}$	$\frac{0,7}{0,4}$
ГРЭС				
1989	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0,9}$	$\frac{0}{29,3}$	$\frac{0}{0}$
1990	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{4,0}$	$\frac{0}{7,0}$	$\frac{0}{0}$
Устье р. Черной				
1988	—	—	$\frac{2,0}{8,0}$	—
1989	—	—	$\frac{6,0}{0}$	—
Казачья бухта				
1986	—	—	$\frac{39,0}{44,0}$	$\frac{4,0}{0}$
Учкуевка				
1989	$\frac{13,0}{0,2}$	$\frac{2,0}{0}$	$\frac{12,0}{3,0}$	—
Бухта Омега				
1986	—	—	$\frac{118,0}{60,0}$	—
1989	$\frac{4,0}{0}$	$\frac{2,0}{2,0}$	$\frac{28,0}{6,0}$	$\frac{6,0}{0,3}$

Примечание. В числителе — численность икринок, в знаменателе — численность личинок; прочерк — отсутствие наблюдений.

нерест только 30 видов рыб. Не было в планктоне икринок таких важных для промысла видов, как камбала-калкан, пеламида. Резко упала численность икринок султанки, ставриды, морского ерша, морского дракона, мерланга, шпрота. Вероятно, резкое снижение численности икринок и личинок рыб, а также исчезновение отдельных видов обусловлены антропогенным воздействием. Н. Д. Мазманиди [52] указывает, что взрослые рыбы, обитающие в узкой прибрежной зоне Кавказа, и выметанная ими икра наиболее подвержены влиянию нефтяного загрязнения, в результате чего под угрозой находятся саргановые, губановые, атериновые, песчанковые, присосковые, собачковые и рыбы других семейств. Так, за последние десять лет у побережья Кавказа численность популяций некоторых видов из этих семейств резко уменьшилась, а некоторые из них находятся на грани элиминации.

Таблица 38. Численность (экз./100 м³) и процент от общей численности основных видов икринок рыб в летний период 1988–1990 гг. (по горизонтальным ловам)

Год	Количество видов	Хамса	Ставрида	Султанка	Карась	Прочие виды
Выход из бухты						
1988	11	$\frac{9,9-3871,0}{91,1}$	$\frac{2,6-71,3}{1,9}$	$\frac{0,6-14,9}{0,6}$	$\frac{0,6-101,7}{3,1}$	$\frac{0,6-103,0}{3,3}$
1989	8	$\frac{0,6-3,2}{60,8}$	$\frac{0-1,0}{8,7}$	0	$\frac{0-1,0}{8,7}$	$\frac{0,6-1,3}{21,8}$
1990	7	$\frac{0,6-5,1}{12,5}$	$\frac{0,6-11,9}{11,9}$	$\frac{0,6-10,3}{17,7}$	$\frac{0,6-6,4}{7,9}$	$\frac{0,6-36,9}{50,0}$
Южная бухта						
1988	3	$\frac{0,6-54,4}{100}$	0	0	0	0
1989	2	$\frac{1,0-1,3}{97,6}$	0	$\frac{0-1,0}{2,4}$	0	0
1990	5	$\frac{0,6-1,9}{11,6}$	$\frac{0-1,3}{4,9}$	$\frac{0-0,6}{2,2}$	0	$\frac{0,6-8,3}{81,3}$
Северная сторона						
1990	6	$\frac{0,6-1,9}{16,4}$	$\frac{0-0,6}{0,7}$	$\frac{0-0,6}{0,7}$	0	$\frac{0,6-22,6}{82,2}$
Устье р. Черной						
1988	2	$\frac{5,2-236,6}{99,3}$	$\frac{0,6-1,9}{0,7}$	0	0	0
1989	1	$\frac{0-0,6}{100}$	0	0	0	0
1990	0	0	0	0	0	0
ГРЭС						
1989	2	$\frac{0,6-6,4}{100}$	0	0	0	0
1990	2	0	0	0	0	$\frac{0-0,6}{100}$

Примечание. В числителе — колебание численности икринок, в знаменателе — % от их общей численности.

Как указывалось выше, одной из причин гибели рыб на всех стадиях онтогенеза является загрязнение шельфовой зоны продуктами нефти и тяжелыми металлами. В районах Се-

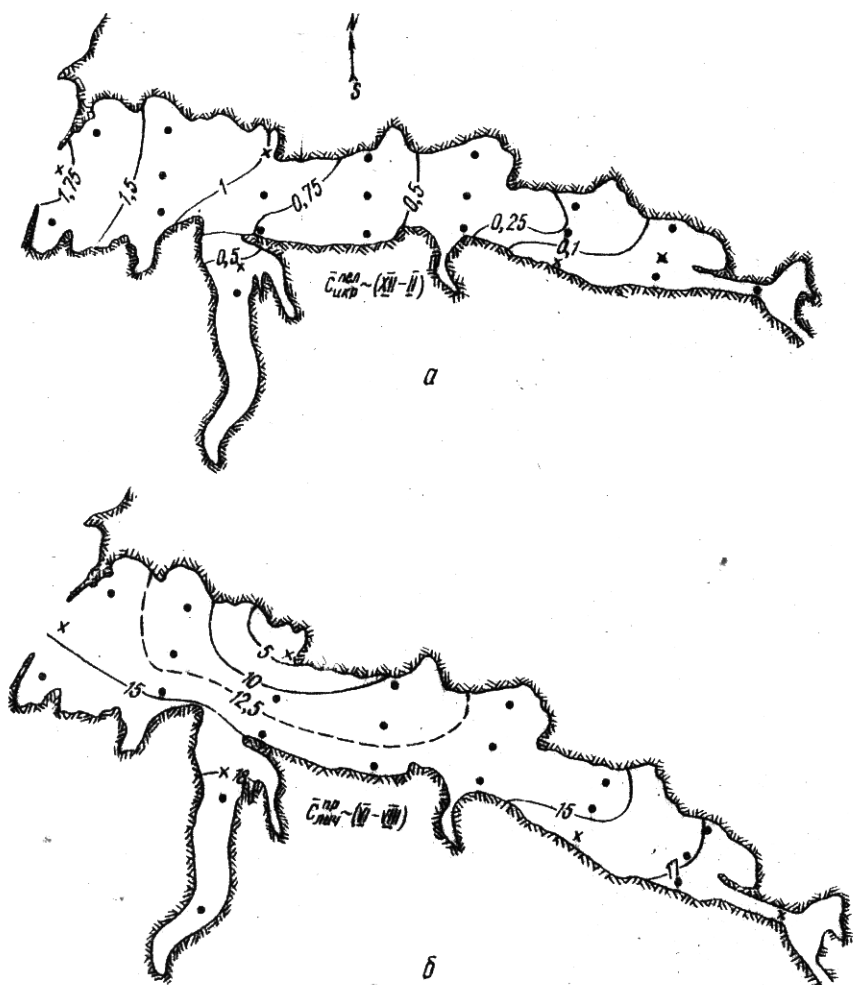
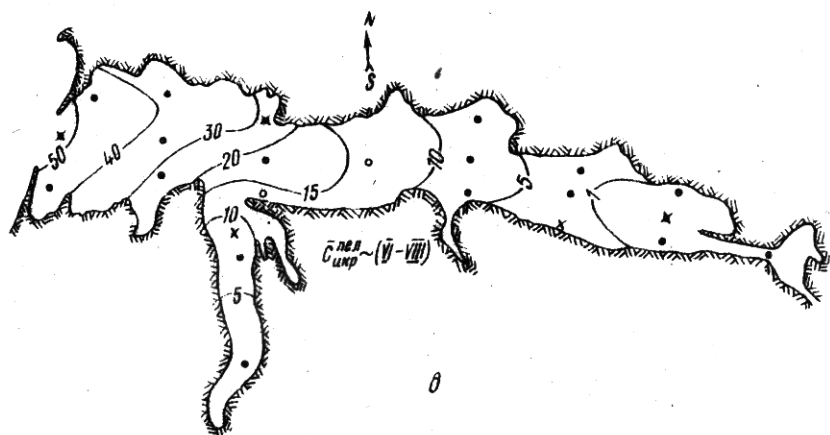
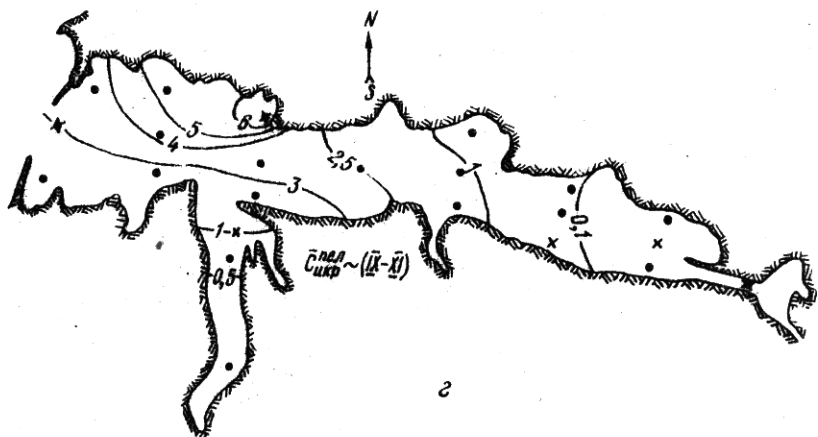


Рис. 35. Распределение икринок (экз./м²) в Севастопольской бухте зимой (а),

востопольской бухты в 1985 г. обнаружено от 0,01 до 5,7 г · 100 г⁻¹ хлороформного битумоида. Максимальные величины его в осадках – от 1,77 до 5,70 г · 100 г⁻¹, минимальные – в пределах 0,01–0,03 г · 100 г⁻¹ [40]. Такие концентрации, по-видимому, в значительной степени определили низкую численность икринок и личинок рыб. Так, по данным О. Г. Миронова [58], гибель икры камбалы-калкана происходит при концентрации нефти и нефтепродуктов 10⁻³–10⁻⁴ мл/л (в ряде случаев



б



в

весной (б), летом (в) и осенью (г) 1990 г.

10–5 мл/л), 100%-ю гибель икры и личинок хамсы наблюдали при концентрации 10–1–10–3 мл/л.

Учитывая различную степень загрязнения прибрежных вод токсическими веществами, исследования ихтиопланктона в Севастопольской бухте были выполнены в 5 участках (у выхода из бухты, у Северной стороны, у Южной бухты, у ГРЭС и у р. Черной). Видовой состав и численность ихтиопланктона были определены сроками наблюдений и степенью уда-

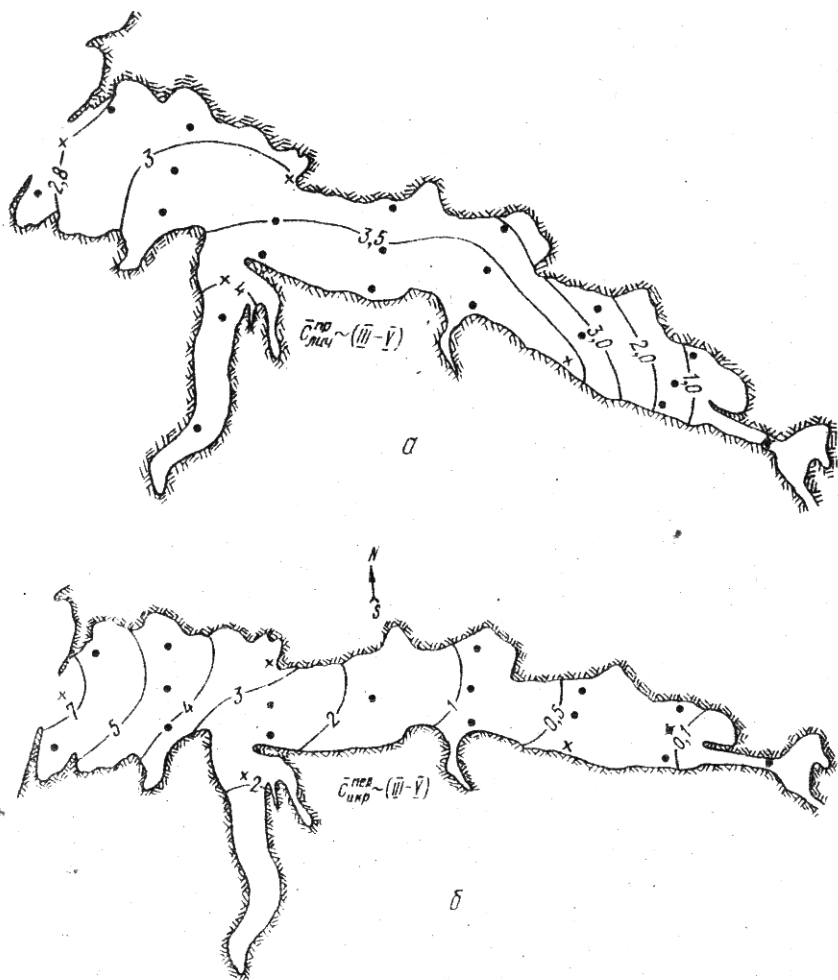
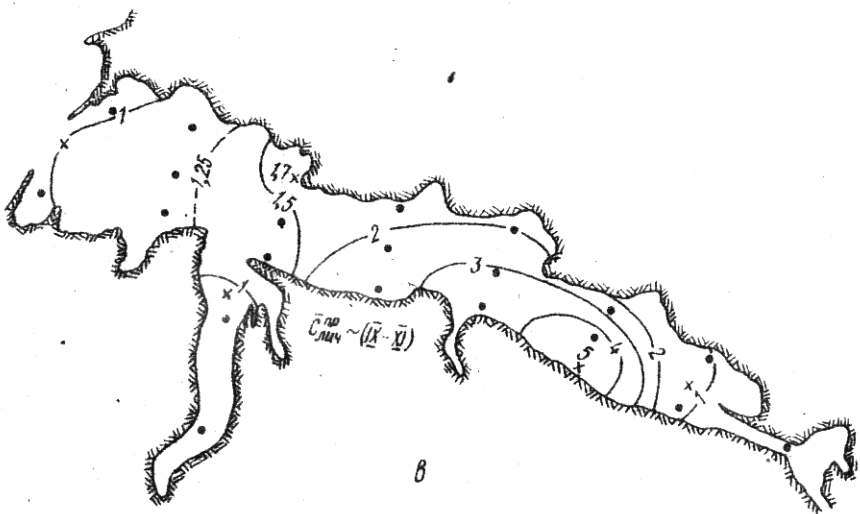


Рис. 36. Распределение личинок (экз./м²) в Севастопольской бухте весной (а), летом (б) и осенью (в) 1990 г.

ленности мест взятия проб от выхода из бухты (табл. 37–39). Выявлены существенные различия в распределении ихтиопланктона (рис. 35, 36). В зимний период в Севастопольской бухте происходил нерест только двух видов: шпрота и налима. Икринки налима преобладали в уловах. Их численность колебалась от 2 до 23 экз./м², что оказалось на порядок ниже, чем в 1952 г. и в 2 раза меньше по сравнению с 1953 г. Наибольшее количество икры обнаружено у выхода из бухты, единич-



ные экземпляры встречались у Северной стороны и в Южной бухте. В центральной и кутовой частях Севастопольской бухты (у ГРЭС и у р. Черной) икринки шпрота и налима отсутствовали (табл. 40). Весной в апреле – мае 1990 г. наряду с икринками шпрота и налима на акватории от выхода из Севастопольской бухты до Северной стороны и Южной бухты встречены единичные икринки камбалы-калкана. В конце мая появились икринки морского карася, султанки, ставриды и хамсы.

Наибольшее видовое разнообразие икры и личинок рыб зарегистрировано в летний период. В это время в 1988 г. здесь были отмечены икринки 21, в 1989 г. – 17 и в 1990 г. – 20 видов рыб. Наибольшим видовым разнообразием и численностью ихтиопланктона характеризовался район у выхода из бухты (табл. 40, 41). Средняя численность икринок в разные годы наблюдений колебалась от 6 до 99 экз./м², личинок – от 1 до 13 экз./м². Преобладали икринки пелагических видов рыб: хамсы, ставриды, султанки, морского карася. Личинки были представлены в основном видами рыб с донной икрой: морскими собачками, бычками, зеленушками. У Северной стороны и Южной бухты икринки указанных видов рыб встречались в значительно меньших количествах, а у ГРЭС и у р. Черной они отсутствовали (табл. 41).

В начале осени с завершением нереста теплолюбивых видов рыб в планктоне икринки были представлены двумя видами: ошибнем и морским драконом. С конца октября появились икринки налима и шпрота. По-прежнему наибольшее

Таблица 39. Численность (экз./100 м³) и процент от общей численности основных видов личинок рыб в летний период 1988–1990 гг. (по горизонтальным ловам)

Год	Количество видов	Хамса	Ставрида	Султанка	Карась
Выход из бухты					
1988	8	$\frac{0,6-13,6}{27,4}$	$\frac{0-1,3}{2,2}$	$\frac{0-0,6}{2,0}$	$\frac{0-0,6}{1,0}$
1989	5	0	0	0	0
1990	13	0	0	0	$\frac{0-0,6}{0,6}$
Южная бухта					
1988	3	$\frac{0-1,3}{5,0}$	0	0	0
1989	6	0	0	0	0
1990	9	0	0	0	0
Северная сторона					
1990	5	0	0	0	0
ГРЭС					
1989	2	0	0	0	0
1990	6	0	0	0	0
Устье р. Черной					
1988	4	0	0	0	0
1989	3	0	0	0	0
1990	4	0	0	0	0

Год	Количество видов	Собачки	Бычки	Зеленушки	Прочие
Выход из бухты					
1988	8	$\frac{0,6-18,8}{41,8}$	$\frac{0,6-4,5}{18,6}$	$\frac{0-0,6}{1,0}$	$\frac{0,6-1,0}{6,0}$
1989	5	$\frac{0,6-4,2}{92,2}$	0	0	$\frac{0-1,0}{7,8}$
1990	13	$\frac{0,6-23,4}{67,8}$	$\frac{0,6-9,6}{21,8}$	$\frac{0-0,6}{1,1}$	$\frac{0,6-7,0}{8,8}$

Год	Количество видов	Собачки	Бычки	Зеленушки	Прочие
-----	------------------	---------	-------	-----------	--------

Южная бухта

1988	3	$\frac{1,9-9,1}{42,5}$	$\frac{1,3-10,4}{52,5}$	0	0
1989	6	$\frac{3,0-7,0}{36,7}$	$\frac{2,0-10,0}{45,9}$	0	$\frac{1,6-6,0}{17,4}$
1990	9	$\frac{0,6-14,8}{49,5}$	$\frac{0,6-22,2}{48,8}$	0	$\frac{0-0,6}{1,7}$

Северная сторона

1990	5	$\frac{0,6-14,0}{65,4}$	$\frac{0,6-1,3}{20,1}$	0	$\frac{0,6-1,3}{14,5}$
------	---	-------------------------	------------------------	---	------------------------

ГРЭС

1989	2	$\frac{0,6-231,3}{88,0}$	$\frac{0,6-14,2}{9,1}$	0	$\frac{0,6-6,4}{2,9}$
1990	6	$\frac{0,6-47,4}{76,0}$	$\frac{0,6-10,3}{22,4}$	0	$\frac{0-1,3}{1,6}$

Устье р. Черной

1988	4	$\frac{0-0,6}{7,4}$	$\frac{1,3-11,0}{92,6}$	0	0
1989	3	$\frac{0,6-6,4}{32,3}$	$\frac{9,8-13,0}{67,7}$	0	0
1990	4	$\frac{1,3-12,2}{84,4}$	$\frac{0,6-1,9}{15,6}$	0	0

Примечание. В числителе — колебание численности личинок, в знаменателе — % от их общей численности

Таблица 40. Видовой состав икринок и их процент от общей численности в летний период (по горизонтальным ловам)

Районы исследований и период наблюдений	Количество видов	Хамса	Ставрида	Султанка	Карась	Прочие виды
Бухта Омега						
1967-1968 гг. [19]	18	$\frac{56-220}{15,6}$	$\frac{7-236}{3,6}$	$\frac{182-564}{46,3}$	$\frac{9-74}{5,8}$	$\frac{174-282}{28,7}$
1973 г. [19]	12	$\frac{3-42}{4,5}$	$\frac{1-54}{5,2}$	$\frac{2-66}{7,3}$	$\frac{46-324}{39,3}$	$\frac{19-338}{43,7}$
1986-1989 гг.	24	$\frac{15-120}{3,6}$	$\frac{5-986}{18,8}$	$\frac{0-22}{0,3}$	$\frac{3-1548}{41,7}$	$\frac{263-783}{35,6}$

Районы исследований и период наблюдений	Количество видов	Хамса	Ставрида	Султанка	Карась	Прочие виды
1990 г.	11	$\frac{\text{ед.}}{0,6}$	$\frac{\text{ед.}-70}{41,0}$	$\frac{0-73}{43,0}$	$\frac{\text{ед.}-6}{3,5}$	$\frac{5-17}{11,9}$
Бухта Казачья						
1971-1972 гг. [19]	15	$\frac{\text{ед.}-38}{18,8}$	$\frac{\text{ед.}-41}{20,3}$	$\frac{\text{ед.}-111}{36,8}$	$\frac{1-7}{3,4}$	$\frac{9-43}{20,7}$
1986 г., июнь	15	$\frac{14}{8,3}$	$\frac{33}{19,6}$	$\frac{33}{19,6}$	$\frac{68}{40,5}$	$\frac{20}{12,0}$
Учкуевка						
1989 г.	20	$\frac{0-14}{8,1}$	$\frac{1-12}{10,4}$	$\frac{0-3}{1,7}$	$\frac{2-39}{27,2}$	$\frac{6-67}{52,6}$

Примечание. В числителе — колебания численности за летний сезон (экз./100 м³), в знаменателе — процент от общей численности.

Таблица 41. Видовой состав личинок и их процент от общей численности в летний период (по горизонтальным ловам)

Район исследований, период наблюдений	Количество видов	Хамса	Ставрида	Султанка	Карась
Бухта Омега					
1967-1968 гг. [19]	31	$\frac{1-48}{3,2}$	$\frac{1-62}{3,0}$	$\frac{1-11}{0,8}$	$\frac{46-52}{4,3}$
1973 г. [19]	21	$\frac{1-9}{3,7}$	$\frac{0-4}{1,4}$	$\frac{1-13}{4,8}$	$\frac{0-1}{2,6}$
1986-1989 гг.	29	$\frac{4-15}{12,8}$	$\frac{1-19}{3,7}$	$\frac{1-140}{32,3}$	$\frac{0-4}{0,7}$
1990 г.	8	—	—	$\frac{0-\text{ед.}}{1,6}$	$\frac{1-7}{60,3}$
Бухта Казачья					
1971-1972 гг. [19]	19	$\frac{2-3}{5,8}$	$\frac{0-1}{1,1}$	$\frac{0-1}{1,6}$	$\frac{0-1}{0,4}$
1986 г., июнь	21	$\frac{5}{12,1}$	$\frac{1}{0,2}$	$\frac{3}{6,9}$	$\frac{1}{1,4}$
Учкуевка					
1989 г.	16	—	$\frac{0,7}{12,5}$	$\frac{0-1}{1,8}$	—

Район исследований, период наблюдений	Количес- тво видов	Собаки	Бычки	Губановые	Прочие виды
Бухта Омега					
1967–1968 гг. [19]	31	$\frac{16-860}{43,8}$	$\frac{38-377}{27,9}$	$\frac{32-232}{11,3}$	$\frac{15-78}{5,7}$
1973 г. [19]	21	$\frac{6-45}{28,8}$	$\frac{37-59}{38,6}$	$\frac{1-16}{12,7}$	$\frac{2-19}{7,4}$
1986–1989 гг.	29	$\frac{14-106}{30,8}$	$\frac{1-4}{0,7}$	$\frac{3-301}{7,9}$	$\frac{8-36}{11,1}$
1990 г.	8	$\frac{ед.-1}{17,5}$	$\frac{0-ед.}{1,6}$	$\frac{0-3}{19,0}$	
Бухта Казачья					
1971–1972 гг. [19]	19	$\frac{15-32}{61,3}$	$\frac{4-10}{11,5}$	$\frac{1-4}{2,1}$	$\frac{5-14}{16,1}$
1986 г., июнь	21	$\frac{6}{15,1}$	$\frac{18}{45,2}$	$\frac{5}{12,3}$	$\frac{2,6}{6,8}$
Учкуевка					
1989 г.	16	$\frac{0-18}{50,0}$	$\frac{1-5}{17,9}$	$\frac{0-1}{1,7}$	$\frac{0-5}{16,1}$

Примечание. В числителе — колебания численности за летний сезон (экз./100 м³), в знаменателе — % от общей численности.

количество икринок встречалось у выхода из бухты, где средняя численность их (в основном налима) составляла в 1990 г. 6,5 экз./м² (табл. 40).

9.1.3. ИХТИОПЛАНКТОН БУХТ ОМЕГА, КАЗАЧЬЯ И РАЙОНА УЧКУЕВКИ

Массовое развитие и наиболее высокая численность ихтиопланктона в Черном море наблюдаются в летнее время (июнь – август), когда происходит интенсивный нерест всех теплолюбивых рыб средиземноморского происхождения. В это время, по данным А. Д. Гординой [18], в районе севастопольских бухт с 1967 по 1973 г. встречались икринки 12–18 видов рыб, личинки – 19–31. Преобладали промысловые виды из семейства Blenniidae и Gobiidae. Суммарное количество личинок рыб этих семейств в бухтах Омега и Казачья составляло от 67,4 до 73,0% общего количества личинок всех видов. Менее много-

численны были личинки семейств Labridae, Tripterygiidae, Gobioidae (см. табл. 40, 41).

Их промысловых видов в довольно значительном количестве встречались икринки и личинки хамсы, ставриды, султанки и карася. Численность икринок этих видов составляла 56,3–79,3%, личинок – 8,0–12,5% от общей численности всех видов. Реже вылавливались личинки луфаря, кефалей и саргана.

По данным Л. Кирюхиной, Н. Ю. Миловидовой [41], содержание битумоидов в донных осадках бухты Омега оказалось значительно ниже, чем в Севастопольской бухте, и составляло от 0,01 до 0,03 г · 100 г⁻¹, что, вероятно, в значительной степени определило большее видовое разнообразие ихтиопланктона в ней. В Учкеевке содержание битумоида в донных осадках колебалось от 0,1 до 0,5 г · 100 г⁻¹ от уреза воды до 20-метровой глубины. Так, в летний период 1986–1990 гг. в бухте Омега и в районе Учкеевки были встречены икринки 15–24 и личинки 16–29 видов. Видовой состав их соответствовал таковому в предшествующие годы. Однако соотношение видов и их численность изменились. Если в 1986 г. численность икринок рыб составляла 118 экз./м², а личинок – 60 экз./м², то в 1989 г. она оказалась на порядок ниже. Значительно упала численность икринок хамсы и султанки. Доля икринок хамсы уменьшилась в 5 раз, а султанки – более чем в 10 раз. В бухтах Омега и Казачья возросла численность икринок карася. Доля их от общей численности всех видов рыб составила 40%. Значительной в бухте Омега оказалась группа "Прочие виды" за счет икринок ошибня, морского дракона и ерша (табл. 40).

Среди личинок по-прежнему преобладали непромысловые виды из семейств Blenniidae и Gobiidae. Суммарное количество этих видов в исследуемых бухтах составляло от 31,5 до 67,9% от общего количества всех видов. Однако численность личинок этих видов резко уменьшилась. В отдельные месяцы они встречались единичными экземплярами (табл. 41).

ВЫВОДЫ

1. Севастопольская бухта по численности ихтиопланктона в настоящее время характеризуется как олиготрофный район Черного моря. Здесь происходит нерест 30 пелагических и придонных видов рыб. Резко снизилась численность икринок хамсы, ставриды, морского карася, султанки, ерша, морского дракона, шпрота. Не встречаются в планктоне икринки камбалы-калкана.

2. Низкая численность ихтиопланктона в Севастопольской

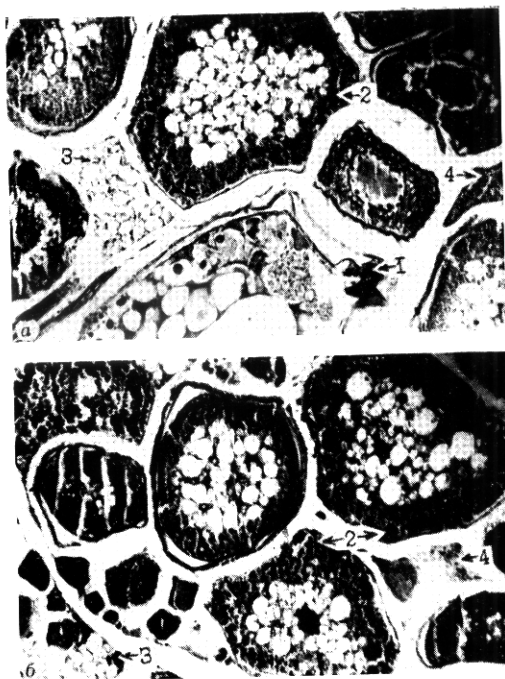


Рис. 30. Резорбция желтковых ооцитов у султанки, выловленной 5 июня 1989 г. Стадия зрелости VI—(IV—V):

а, б — два участка одного среза; *1* — ооцит в начальной фазе гидратации; *2* — резорбирующийся ооцит в фазе завершеного вителлогенеза; *3* — остаток резорбирующегося ооцита, близкого к зрелости; *4* — пустой фолликул. (Все микрофотографии сделаны при увеличении ок. $\times 12$, $\phi 5$, $\times 10$)

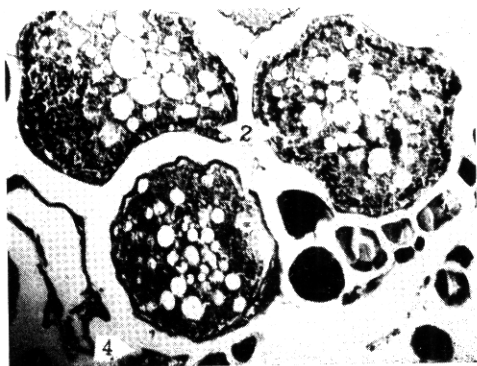


Рис. 31. Резорбция желтковых ооцитов в яичнике самки султанки, пойманной 14 июня 1989 г.

Обозначения, как на рис. 30

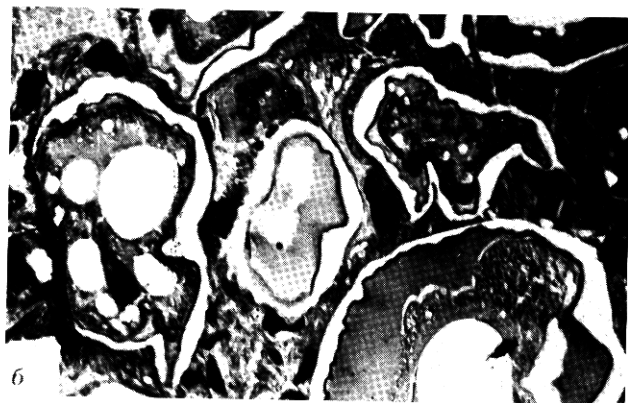
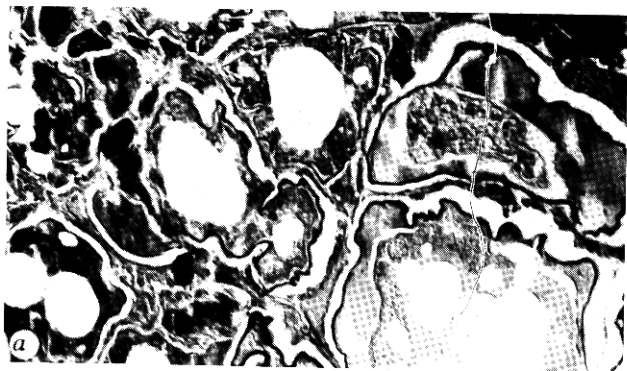


Рис. 32. Срезы яичников самок султанки с признаками дегенерации ооцитов разных фаз развития:
а, б — яичники двух самок, пойманных 26 июня 1990 г., стадия зрелости VI (IV–V); *в* — яичник самки, пойманной 8 июля 1989 г., стадия зрелости VI–IV

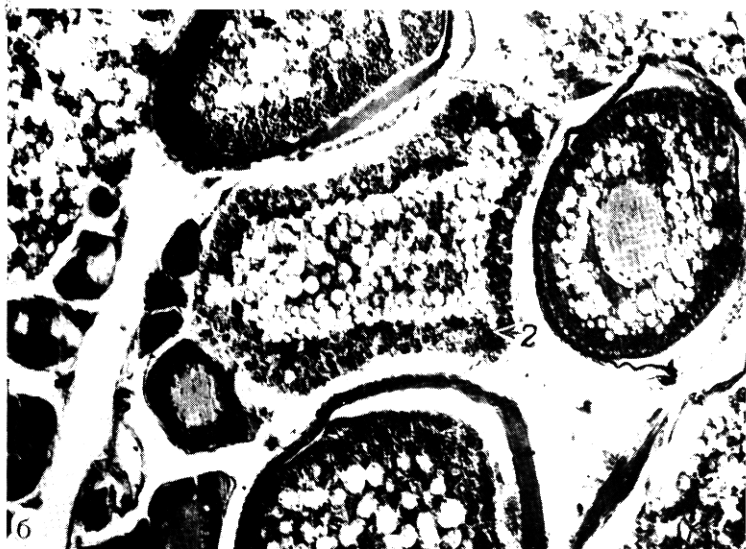
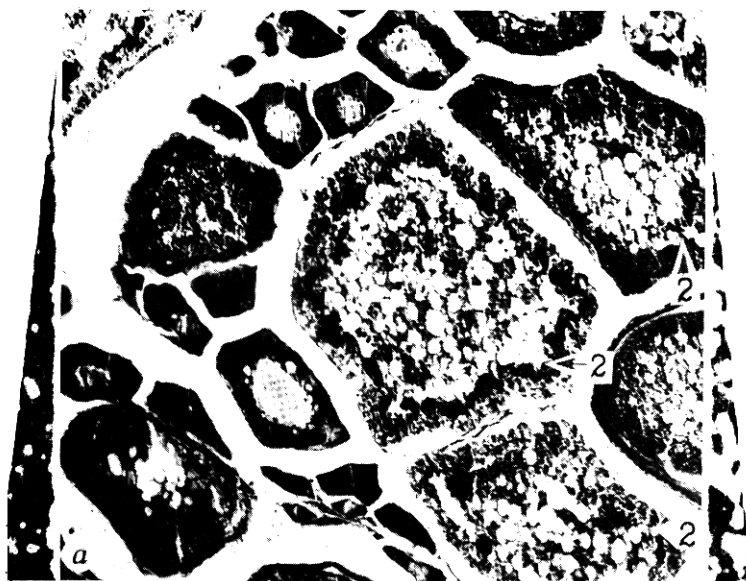


Рис. 33. Резорбция желтковых ооцитов в яичниках черноморской ставриды, пойманной 5 июня 1989 г.:

а, б — разные участки одного среза. Обозначения, как на рис. 30

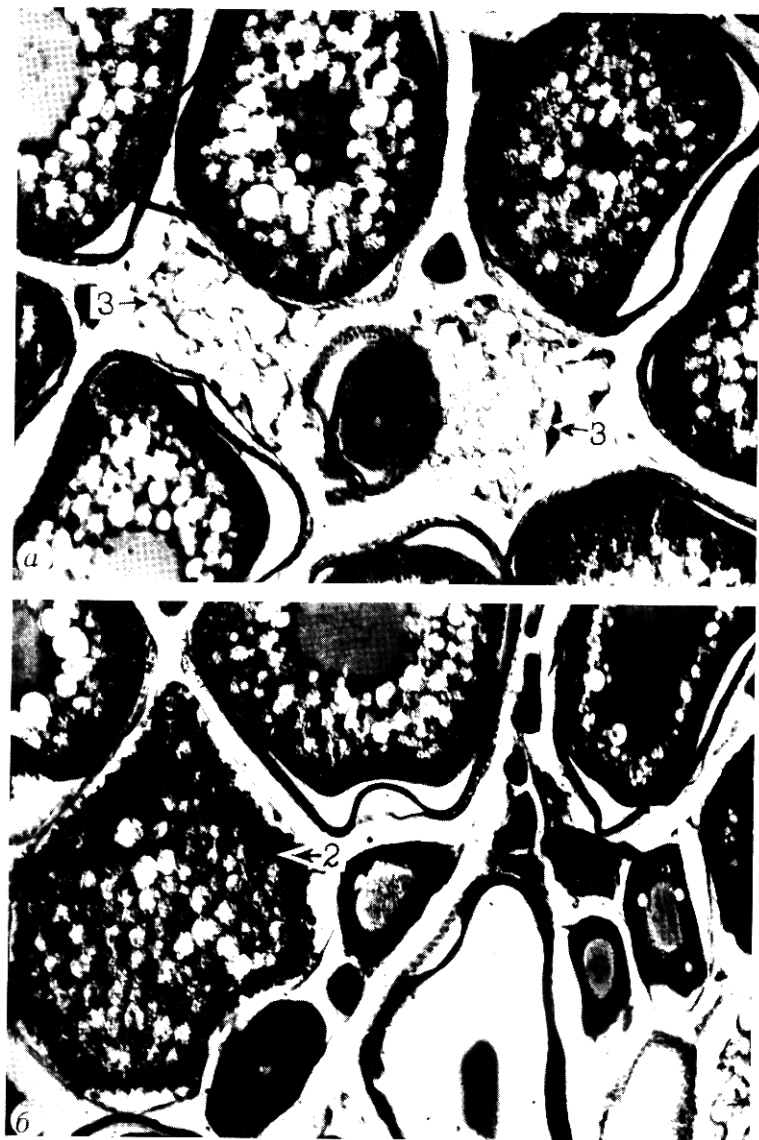


Рис. 34. Срез яичника черноморской ставриды, пойманной 26 июня 1989 г.:

а, б — разные участки одного среза. Обозначения, как на рис. 30

бухте в значительной степени обусловлена загрязнением ее продуктами нефти и тяжелыми металлами.

3. Распределение икры и личинок пелагических видов рыб ограничено акваторией от выхода из Севастопольской бухты до Южной бухты. В глубь бухты к ГРЭС и р. Черной пелагические рыбы практически не заходят.

4. Наибольшим видовым разнообразием характеризуются бухты Омега и Казачья, где нерестятся соответственно 49 и 43 вида рыб. Значительное видовое разнообразие и концентрация ихтиопланктона многих видов рыб в этих районах свидетельствуют о том, что до настоящего времени они остались еще пригодными, по сравнению с Севастопольской бухтой, для развития икры и личинок рыб.

5. Дальнейшее загрязнение прибрежных вод продуктами нефти (на примере Севастопольской бухты) может привести к резкому снижению численности отдельных видов рыб или их полному исчезновению.

9.2. ПИТАНИЕ ЛИЧИНОК РЫБ В СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЕ

Результаты исследования питания личинок рыб в Севастопольской бухте представлены на основании обработки 1045 экз. личинок размером 2,2–11,6 мм, относящихся к 14 видам. Личинок ловили в пяти районах бухты с разной степенью загрязнения тяжелыми металлами и нефтяными углеводородами. Показателем нормального функционирования экосистемы водоема могут служить количественные характеристики питания личинок рыб, их пищевые взаимоотношения и кормовая база.

В Севастопольской бухте доминировали личинки пяти придонных видов рыб: бычок черный (42,7%), собачка длиннопальцевая (39,9%), собачка желто-красная (6,7%), буберь малый (5,1%) и собачка-сфинкс (2,0%). На их долю приходится 98,3% исследованных личинок; другие личинки, относящиеся к 9 видам, встречались единично (табл. 42), 45,7% личинок оказались с пустыми кишечниками. На табл. 43 показано, что больший процент непитающихся личинок разных видов приходится на Южную бухту – 62,3%, устье р. Черной – 61,0% и ГРЭС – 58,5%. Значительно меньше их у Северной стороны бухты – 34,2%, наименьший процент (29,6) они составляют у входа в бухту. Все проанализированные личинки пойманы в основном с мая по сентябрь. Наибольшее количество личинок

Таблица 42. Количество личинок рыб, обработанных на питание, по видам и районам Севастопольской бухты, экз.

Вид личинок	У входа в бухту	Северная сторона	б. Южная	ГРЭС	р. Черная	Всего по бухте	
						экз.	%
Gobius niger	90	63	119	107	67	446	42,7
Pomatoschistus minutus elongatus	25	8	8	8	4	53	5,1
P. marmoratus	7	—	—	—	—	7	0,7
Всего	122	71	127	115	73	506	48,4
Blennius tentacularis	113	40	98	104	62	417	39,9
B. sanguinolentus	42	23	4	1	—	70	6,7
B. sphinx	1	4	14	2	—	21	2,0
B. pavo	4	—	2	—	2	8	0,8
B. zvonimiri	1	—	1	—	—	2	0,2
B. sp.	—	—	—	1	—	1	0,1
Всего	161	67	119	108	64	519	49,7
Sprattus sprattus phalericus	—	—	—	—	1	1	0,1
Atherinidae	3	4	1	1	—	9	0,9
Syngnathidae	2	—	1	—	—	3	0,3
Sparidae	1	—	—	—	—	1	0,1
Labridae	1	4	1	—	—	6	0,6
Всего	7	8	3	1	1	20	1,9
Итого экз.	290	146	249	224	136	1045	
%	27,8	14,0	23,8	21,4	13,0		100

Таблица 43. Количество личинок рыб с пустыми кишечниками в разных районах Севастопольской бухты, %

Вид личинок	У входа в бухту	Северная сторона	б. Южная	ГРЭС	р. Черная	В среднем по бухте
Gobius niger	40,0	41,2	82,4	83,1	73,1	68,8
Pomatoschistus minutus elongatus	52,0	62,5	37,5	62,5	—	56,6
P. marmoratus	71,0	—	—	—	—	71,0
В среднем по бычкам	44,3	43,7	80,3	81,7	72,6	65,8
Blennius tentacularis	18,5	22,5	45,9	32,7	43,5	26,1
B. sanguinolentus	14,3	30,4	—	—	—	18,6
B. sphinx	—	25,0	50,0	—	100,0	47,6
B. pavo	75,0	—	50,0	—	100,0	75,0
B. zvonimiri	—	—	100,0	—	—	50,0
B. sp.	—	—	—	—	—	—
В среднем по собачкам	18,6	25,4	45,4	33,3	45,3	26,8
Sprattus sprattus phalericus	—	—	—	100,0	—	100,0

Вид личинок	У входа в бухту	Северная сторона	б. Южная	ГРЭС	р. Черная	В среднем по бухте
Atherinidae				100,0		11,1
Syngnathidae	50,0	—	—	—	—	33,3
Sparidae	—	—	—	—	—	—
Labridae	100,0	50,0	—	—	—	50,0
В среднем по другим видам	28,6	25,0		100,0	—	26,3
В среднем	29,6	34,2	62,3	58,5	61,0	45,7

Таблица 44. Количество непитающихся личинок рыб в разных районах Севастопольской бухты по месяцам, %

Ме- сяц	У входа в бухту	Северная сторона	б. Южная	ГРЭС	р. Черная	В среднем по бухте
V	72,0	45,8	63,2	43,8	56,5	40,0
VI	28,2	17,4	82,2	44,4	18,8	34,0
VII	20,0	15,9	34,2	48,4	54,7	40,0
VIII	13,0	69,2	72,3	90,4	100,0	64,5
IX	100,0	57,1	12,5	96,4	66,7	74,5

с пустыми кишечниками отмечены нами в августе — 64,5 и сентябре — 74,5% (табл. 44). Количество непитающихся личинок пяти доминирующих видов в различных зонах Севастопольской бухты представлено в табл. 43. Из двух преобладающих семейств — бычков и собачек — наибольшее количество особей с пустыми кишечниками встречалось среди личинок бычков — в среднем 65,8% (табл. 43). У морских собачек доля непитающихся личинок колебалась от 18,6 до 75%, составляя в среднем для семейства 26,8% (табл. 43).

Личинки бычков и собачек по морфологическим показателям и особенностям питания распределены по размерным группам [31, 32, 90]. Личинки I группы, размером до 2,2 мм, характеризующиеся желточным питанием, в пробах единичны; личинки бычков размером 2,3–3,2 мм и морских собачек размером 2,2–4,0 мм относятся ко II группе рыб со смешанным питанием; личинки III группы, размером 3,3–6,9 мм для бычков и 4,1–7,0 мм для собачек, полностью наводятся на внешнем питании; незначительное количество личинок размером более 7,0 мм, входящих в IV группу, питается крупными подвижными зоопланктонными формами.

Качественную характеристику питания личинок рыб рассматриваем по районам. Из проб, взятых у входа в Севасто-

Таблица 45. Состав пищи личинок бычков у входа с Севастопольскую бухту

Пищевые организмы	Бычок черный					
	2,6–3,2 мм			3,3–7,0 мм		
	а	б	в	а	б	в
<i>Podon polyphemoides</i>	—	—	—	5,9	14,6	5,7
<i>Ova Calanus ponticus</i>	—	—	—	1,2	0,5	1,4
<i>N. C. ponticus</i>	—	—	—	1,2	1,9	1,4
<i>Ova Copepoda</i>	—	—	—	—	—	—
<i>N. A. clausi</i>	20,0	85,0	8,3	4,7	2,1	4,3
Копеподиты <i>A. clausi</i>	—	—	—	83,5	79,9	62,9
Haracticoidae	—	—	—	1,2	0,8	1,4
<i>Ova Mollusca</i>	80,0	15,0	8,3	2,3	0,1	1,4
Количество личинок, экз.		14			74	
С пустыми кишечника-ми, %		85,7			29,7	
Средний индекс потребления, ‰		9,8			48,7	

польскую бухту, было проанализировано 114 личинок семейства Gobiidae и 153 – семейства Blenniidae разных видов и относящихся к разным размерным группам. В табл. 45 представлен состав пищи трех видов бычков. Личинки бычка черного размером 2,6–3,2 мм, находящиеся на смешанном питании, практически все имели пустые кишечника – 85,7%. У особей, имеющих пищу в кишечниках, отмечены два кормовых компонента – науплиусы акарции (85% по массе и 20% по численности) и яйца моллюсков (15% по массе и 80% по численности). Средний индекс потребления очень низкий и составляет 9,8‰. Видимо, личинки этой группы в основной своей массе еще не перешли на экзогенное питание, возможно также, что в районе обитания недостаточно корма. В пищевом комке личинок бычка черного размером 3,3–7,0 мм доминируют более крупные пищевые организмы – копеподиты *A. clausi* – 83,5% по численности, 79,9% по массе и 62,9% по частоте встречаемости. *P. polyphemoides* занимает по значимости второе место (5,1% по численности, 14,6% по массе и 5,7% по частоте встречаемости). Остальные формы представлены единично. У бубыря малого, как и у личинок бычка черного III размерной группы, основной пищей остаются копеподиты *A. clausi* и *P. polyphemoides*, в сумме составляющие по численности 38,9%, а по массе 98,8%. Яйца моллюсков составляют по численности 57,9%, а по массе только 1,0% пищевого комка, т. е. практически не имеют никакого значения в питании. В кишечниках личинок

по количеству (а), массе (б) и частоте встречаемости (в), %

Бубырь малый			Бычок мраморный			Бычки трех видов		
3,3–7,0 мм			3,3–7,0 мм			3,3–7,0 мм		
а	б	в	а	б	в	а	б	в
21,1	37,8	15,8	—	—	—	8,0	19,8	7,0
—	—	—	—	—	—	0,9	0,3	1,0
—	—	—	—	—	—	0,9	1,4	1,0
5,3	0,2	5,3	2,2	1,6	14,0	2,7	0,1	2,0
—	—	—	—	—	—	3,5	1,6	3,0
15,8	61,0	5,3	22,0	41,9	14,0	67,2	74,3	46,0
—	—	—	22,0	54,1	14,0	2,7	2,1	2,0
57,9	1,0	10,5	34,0	2,4	14,0	14,2	0,3	4,0
19				7			100	
52,6				71,0			37,0	
15,0				13,0			38,4	

бычка мраморного пища представлена в основном гарпактико-идами и копеподами *A. clausi*. Их доля в пищевом комке – 96%. Среди рассмотренных трех видов бычок черный выделяется самым низким процентом пустых кишечника – 29,7 и наибольшим индексом потребеления – 48,7‰ (табл. 46). Необходимо отметить очень большой процент (52,6 и 71,0) личинок с пустыми кишечниками и весьма низкий индекс потребления (15 и 13‰) у бубыря малого и бычка мраморного. В целом у личинок семейства *Gobiidae* размером 3,3–7,0 мм преобладали копеподиты *A. clausi* (67,2% по численности, 74,3% по массе и 46,0% по частоте встречаемости) и *P. polyphemoides* – 8,0% по численности, 19,8% по массе, 7,0% по частоте встречаемости (табл. 45). Личинки, полностью перешедшие на внешнее питание, имеют довольно высокий процент непитающихся особей – 37 и низкий средний индекс потребления – 38,4‰.

Кроме бычков, в данном районе исследовано питание у пяти видов личинок собачек. Собачки звонимира, пава и сфинкс встречены единично, поэтому более подробно рассмотрено питание личинок длиннопальцевой и желто-красной собачек размером 4,1–7,0 мм. Как видно из табл. 46, состав пищи указанных видов собачек почти не отличается. Яйца моллюсков часто встречаются у обоих видов – 91,8 и 54,2%, однако по массе их доля незначительна, особенно у желто-красной собачки – всего 1,1%. У длиннопальцевой собачки значительную часть пищевого комка занимают науплиусы и копеподиты *A. clau-*

Таблица 46. Состав пищи личинок собачек у входа в Севастопольскую бухту

Пищевые организмы	Длиннощупальцевая			Желто-красная		
	4,1–7,0 мм					
	а	б	в	а	б	в
Водоросли	—	—	—	—	—	—
<i>Penilia avirostris</i>	0,1	9,1	1,3	—	—	—
<i>P. polyphemoides</i>	1,0	22,7	7,6	29,2	79,1	42,5
<i>Paracalanus parvus</i>	0,1	1,8	1,3	—	—	—
Ova Copepoda	—	—	—	2,1	0,1	2,5
N. Copepoda	3,3	10,0	20,0	—	—	—
Копеподиты <i>A. clausi</i>	3,2	29,4	20,0	13,5	19,5	12,5
Взрослые <i>A. clausi</i>	—	—	—	—	—	—
Ova Mollusca	91,8	26,2	43,0	54,2	1,1	40,0
Lamellibranchiata, veliger	0,5	0,8	6,3	1,1	0,2	2,5
Количество личинок, экз. с пустыми кишечника- ми, %		82			40	
Средний индекс потреб- ления, ‰		13,5			15,0	
		64,0			204,0	

si – 39,4% и *Cladocera* – 31,7%, у желто-красной необходимо отметить преобладание кладоцер, а именно *P. polyphemoides* – 79,1% по массе, 29,2% по численности и 42,2% по частоте встречаемости, немаловажное значение имеют и копеподиты *A. clausi* (13,5% по численности и 19,5% по массе). В этой размерной группе собачек, полностью перешедших на экзогенное питание, все личинки должны быть с пищей, однако 13–15% особей оказались с пустыми кишечниками. Средний индекс потребления довольно высок у желто-красной собачки – 204‰, у длиннощупальцевой значительно меньше – 64‰ (табл. 46).

В связи с незначительными отличиями спектров питания и преобладающих форм у одноразмерных собачек разных видов данные по питанию объединены (табл. 46). В общем пищевой спектр личинок собачек представлен 10 формами. Личинки размером 2,2–4,0 мм питались исключительно науплиусами и копеподитами *A. clausi*. В этой группе довольно значительный процент непитающихся личинок – 35,7, средний индекс потребления – 88‰. У особей III группы кормовые объекты – *P. polyphemoides* и копеподиты *A. clausi* – по массе составляют существенную долю в питании – 88,9%, по численности – всего 9,9%. Наряду с этими организмами необходимо отметить высокую численность яиц моллюсков – 86,3%, однако их доля по массе слишком мала и они не могут иметь большого значения в питании. У личинок размерной группы 7,6–11,5 мм

по количеству (а), массе (б) и частоте встречаемости (в), %

Суммированные данные по семейству собачек

2,2–4,0 мм			4,1–7,0 мм			7,6–11,5 мм		
а	б	в	а	б	в	а	б	в
—	—	—	—	—	—	3,7	0,0	13,0
—	—	—	0,1	2,6	0,8	1,2	27,1	7,0
—	—	—	5,1	62,3	18,6	7,5	41,8	13,0
—	—	—	0,1	0,5	0,8	—	—	—
—	—	—	0,3	0,1	0,8	1,2	0,0	7,0
33,3	13,6	21,4	2,8	2,9	9,7	2,5	1,7	13,0
66,3	86,4	42,9	4,8	22,6	17,7	0,6	5,4	7,0
—	—	—	—	—	—	0,6	21,0	7,0
—	—	—	86,3	8,6	41,9	82,7	3,0	33,3
—	—	—	0,5	0,4	4,8	—	—	—
14			124			15		
35,7			14,0			26,6		
88,0			101,0			57,0		

численность яиц моллюсков остается по-прежнему высокой – 82,7%, хотя по массе они составляют всего 3%, т. е. практически не имеют никакого значения в питании. Питается эта группа личинок более крупными организмами – *P. polyphemoides* (41,8% по массе и 17,5 по численности) и также взрослыми *A. clausi*. Непитающиеся особи составляют большой процент – 26,6, а средний индекс потребления – 57‰.

На Северной стороне бухты (станция II) были пойманы личинки бычка черного и бубыря малого. Большинство (60%) личинок бычка черного размером 2,5–3,2 мм оказались с пустыми кишечниками. В пищевом комке питающихся особей были зарегистрированы только два вида кормовых объектов – яйца моллюсков и *S. ponticus*. Доминировали яйца моллюсков – 97,1% по численности, 69,4% по массе и 36% по частоте встречаемости (табл. 47). Средний индекс потребления составил крайне малую величину – 7,5‰. Среди личинок этого же вида размером 3,3–6,2 мм было значительно меньше непитающихся экземпляров – 25,0%. Главными кормовыми объектами были копеподиты *A. clausi* 85,1% по численности, 32,8% по массе и 84,6% по частоте встречаемости, однако и у этой группы средний индекс потребления был невысок – 37‰ (табл. 47). Личинок бубыря малого в наших пробах было всего 8. Две из них размером 2,2–3,2 мм были с пустыми кишечниками. Из остальных 6 личинок III группы с пищей было 3. В их пищевом

Таблица 47. Состав пищи личинок бычков у Северной стороны Севастопольской бухты по количеству (а), массе (б), частоте встречаемости (в), %

Пищевые организмы	Бычок черный						Бычки двух видов		
	2,5—3,2 мм			3,3—6,2 мм			3,3—6,2 мм		
	а	б	в	а	б	в	а	б	в
<i>P. polyphemoides</i>	—	—	—	1,5	6,3	2,5	4,2	16,0	4,8
<i>Ova C. ponticus</i>	2,9	30,6	4,0	—	—	—	—	—	—
Копепоидиты	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>A. clausi</i>	—	—	—	85,1	92,8	61	81,9	83,1	54,8
<i>Ova Mollusca</i>	97,1	69,4	36,0	13,4	0,9	8,2	12,5	0,7	9,5
Количество личинок, экз. с пустыми кишечниками, %		25			36			42	
Средний индекс потребления, ‰		60,0			25,0			28,6	
		7,5			37,0			33,0	

Таблица 48. Состав пищи личинок собачек у Северной стороны Севастопольской бухты по численности (а), массе (б), частоте встречаемости (в), %

Пищевые организмы	2,6—3,9 мм			4,1—6,8 мм		
	а	б	в	а	б	в
<i>Coscinodiscus</i> sp.	—	—	—	1,7	0,0	6,5
<i>P. polyphemoides</i>	4,5	25,0	20	2,4	6,3	9,7
<i>Ova Copepoda</i>	—	—	—	0,4	0,0	1,6
<i>N. Copepoda</i> (в основном <i>A. clausi</i>)	—	—	—	7,0	42,9	17,7
Копепоидиты <i>A. clausi</i>	18,2	68,7	40,0	11,8	45,1	27,4
<i>Ova Mollusca</i>	77,3	6,4	20,0	76,3	5,4	32,3
<i>Lamellibranchiata, veliger</i>	—	—	—	0,4	0,2	1,6
Количество личинок, экз. с пустыми кишечниками, %		5			62	
Средний индекс потребления, ‰		20,0			25,7	
		260,0			111,0	

комке отмечены *P. polyphemoides* и копепоидиты *A. clausi*. Средний индекс потребления очень мал — 11‰.

Для всех бычков III группы (табл. 47) главное значение в питании остается за копепоидитами *A. clausi* — 81,9% по численности, 83,1% по массе и 54,8% по частоте встречаемости.

Три вида собачек — длиннотупальцевая, желто-красная и сфинкс — имеют сходный состав пищевых организмов (табл. 48).

Таблица 49. Состав пищи личинок бычков из Южной бухты по количеству (а), массе (б) и частоте встречаемости (в), %

Пищевые организмы	Бычок черный						Бычки двух видов		
	2,3–3,2 мм			3,3–7,0 мм			3,3–7,0 мм		
	а	б	в	а	б	в	а	б	в
<i>P. avirostris</i>	—	—	—	12,3	0,0	2,2	7,7	0,0	1,9
<i>P. polyphemoides</i>	—	—	—	6,2	12,5	2,2	3,9	6,0	1,9
<i>Ova C. ponticus</i>	—	—	—	—	—	—	19,2	38,7	5,7
<i>N. Copepoda</i>	7,7	47,4	2,7	43,8	35,0	15,6	26,9	16,8	13,2
Копеподиты	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>A. clausi</i>	—	—	—	12,3	51,5	4,4	23,0	36,3	5,7
<i>Ova Mollusca</i>	74,4	10,3	10,8	25,0	1,0	4,4	15,4	0,5	3,8
<i>Lamellibranchiata, veliger</i>	17,9	42,3	2,7	—	—	—	—	—	—
Количество личинок, экз.		74			45			53	
с пустыми кишечниками, %		86,5			75,6			69,8	
Средний индекс потребления, ‰		8,2			11,0			23,0	

У собачек младшей размерной группы (2,6–3,9 мм) преобладали по численности яйца моллюсков – 77,3%, а по массе копеподиты *A. clausi* – 68,7%. У личинок размером 4,1–6,8 мм в пище по массе доминировали науплиусы и копеподиты *A. clausi* – 88,0%, хотя по численности (8,8%) они значительно уступали яйцам моллюсков – 76,3%. Четвертая часть личинок (25,7%) была с пустыми кишечниками.

Было просмотрено 127 кишечников личинок двух видов бычков – черного и бубря малого из Южной бухты. У бычка черного размером 2,3–3,2 мм непитающихся личинок было 86,5%, средний индекс потребления 8,2‰. У питающихся особей в кишечнике доминировали яйца и личинки моллюсков – 92,3% по численности и 52,6% по массе, остальная доля пищевых организмов приходится на науплиусов копепод (табл. 49). Личинки бычка черного более крупных размеров (III группа) питаются в основном науплиусами и копеподитами *A. clausi* – 56,1% по численности, 56,5% по массе (табл. 49). Процент непитающихся личинок и в этой группе также велик – 75,6%. Личинки бычка бубря малого встречались в небольшом ко-

Таблица 50. Состав пищи личинок собачек размером 4,1–7,0 мм в Южной бухте, у ГРЭС, у р. Черной по количеству (а), массе (б), частоте встречаемости (в), %

Пищевые организмы	б. Южная			ГРЭС			Устье р. Черной		
	а	б	в	а	б	в	а	б	в
Dinoflagellata	—	—	—	0,1	0,0	1,0	—	—	—
Coscinodiscus sp.	—	—	—	0,1	0,0	1,0	—	—	—
P. avirostris	—	—	—	0,3	8,7	1,9	—	—	—
P. polyphemoides	3,2	64,5	3,5	3,0	48,8	14,4	—	—	—
Ova C. ponticus	—	—	—	0,1	0,2	1,0	—	—	—
N. A. clausi	—	—	—	1,4	4,5	8,7	52,9	29,4	25,0
N. Copepoda	1,1	1,8	3,5	—	—	—	—	—	—
Копеподиты A. clausi	3,4	15,2	10,5	2,9	23,3	24,0	47,1	70,6	32,0
Копеподиты O. similis	0,4	1,8	1,8	—	—	—	—	—	—
Ova Mollusca	91,9	16,7	38,6	92,1	14,5	27,9	—	—	—
Количество личинок, экз. с пустыми кишечниками, %		112			104			64	
Средний индекс потребления, %		47,4			32,7			45,3	
		9,3			45			30	

личестве. Обработано 8 экз. размером 3,3–7,0 мм, из них 37,5% личинок не питались. Пища бубыря малого состоит в основном из *P. polyphemoides* и копепоидитов *A. clausi* – 90,0% по численности и 74,3% по массе.

Спектр питания личинок бычков двух видов размером 3,3–7,0 мм представлен в табл. 49. Ведущими формами в питании были науплиусы и копепоидиты *A. clausi* и *P. polyphemoides*. Средний индекс потребления крайне низкий – 30‰, хотя личинки в основном пойманы в дневное время, в июле, когда обычно бывает массовое развитие зоопланктона.

Сходный состав пищи длиннопальцевой собачки и собачки-сфинкса позволил дать общую характеристику питания этих видов размером 3,6–7,2 мм (табл. 50). Значительное место в рационе личинок собачек имеют яйца моллюсков – 91,9% по численности, 16,7% по массе и 38,6% по частоте встречаемости. Наряду с ними по массе немалую долю составляют *P. polyphemoides* – 64,5%, хотя по численности и частоте встречаемости занимают незначительное место (соответственно

Таблица 51. Состав пищи личинок бычка черного у ГРЭС и р. Черной по количеству (а), массе (б) и частоте встречаемости (в), %

Пищевые организмы	У ГРЭС						Устье р. Черной		
	2,2–3,2 мм			3,3–7,0 мм			3,3–7,0 мм		
	а	б	в	а	б	в	а	б	в
<i>P. polyphemoides</i>	—	—	—	—	—	—	4,3	22,0	3,0
<i>Ova C. ponticus</i>	4,7	34,2	5,3	—	—	—	—	—	—
<i>Ova Copepoda</i>	1,2	1,3	2,6	8,3	1,2	2,9	26,1	19,8	5,7
<i>N. A. clausi</i>	—	—	—	—	—	—	39,1	47,9	23,0
<i>N. Copepoda</i>	1,2	5,8	2,6	—	—	—	—	—	—
Копеподиты	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>A. clausi</i>	1,2	14,2	2,6	75,0	97,7	8,6	4,4	8,3	3,0
<i>Ova Mollusca</i>	91,7	44,5	28,7	16,7	1,1	2,9	26,1	2,0	11,5
Количество личинок, экз.	50			57			35		
с пустыми кишечниками, %	76			82,8			57		
Средний индекс потребления, ‰	18			14			29		

3,2 и 3,5%). Из других представителей следует отметить копеподиты *A. clausi* – 15,2% по массе и 10,5% по частоте встречаемости и только 3,4% по численности. С пустыми кишечниками зарегистрировано 47,4% собачек. В 50-е годы средние индексы потребления изменялись от 50 до 275‰ [32]. По нашим данным, индексы потребления собачки-сфинкса – 25‰, длиннощупальцевой – 4‰. Средний индекс потребления – 9‰.

У ГРЭС было выловлено и обработано на питание 107 экз. бычка черного (табл. 51). Из 50 личинок, находящихся на смешанном питании (размером 2,2–3,2 мм), не имели пищи в кишечниках 76,0%. Средний индекс потребления – 18‰. Пищевой спектр у питающихся бычков невелик – всего 5 форм пищевых организмов (табл. 51). В пище преобладают яйца моллюсков – 91,7% по численности, 44,5% по массе и 28,7% по частоте встречаемости. По массе можно отметить яйца калянуса – 34,2%. Из 57 личинок размером 3,3–7,0 мм, перешедших полностью на внешнее питание, процент непитающихся личинок возрос до 82,8. Пищевой спектр крайне узок – всего 3 формы (табл. 51). В пищевом комке копеподиты *A. clausi* доминировали по численности – 75% и по массе – 97,7%. Средний индекс весьма невелик – 14‰. Из 8 экз. бубыря малого этой же размерной группы 62,5% были без пищи, у остальных *P. ро-*

lyphemoides преобладал по массе (72,5%), а яйца моллюсков – по численности (77,8%).

Из семейства собачек у ГРЭС доминируют личинки собачки длиннощупальцевой. Исследовано 104 экз., из которых с пустыми кишечниками оказались 32,7%. Средний индекс потребления – 45‰. Пищевой спектр несколько шире, чем у бычков, он представлен 8 формами (табл. 50). Значительную часть пищевого комка составляют *P. polyphemoides* – 48,8% и копеподиты *A. clausi* – 23,3%, по численности преобладают яйца моллюсков – 92,1%, хотя по массе составляют всего 14,5% и реже частота встречаемости. Их других видов собачек у двух экземпляров сфинкса этой же размерной группы кишечники были пустые и у желто-красной в кишечнике был копеподит *A. clausi*.

У устья р. Черной мелкие личинки бычка черного размером 2,2–3,2 мм в количестве 32 экз. были на 90% с пустыми кишечниками, у личинок с пищей было по 1–2 яйца моллюсков, средний индекс потребления – 1,0‰. В группе личинок размером 3,3–5,5 мм из 35 особей 57% не питались. Средний индекс потребления – 29‰ (табл. 51). Преобладающее значение в пищевом комке личинок этой группы имели яйца и науплиусы *A. clausi* (19,8 и 47,9%), численность их составила 65,2% (табл. 50). Из других видов по массе выделяется *P. polyphemoides* (22,0%), по численности яйца моллюсков (26,1%). 4 экз. буыря малого имели пустые кишечники. Из семейства собачек доминировала собачка длиннощупальцевая размером 4,1–7,0 мм. У 43,5% личинок этого вида кишечники были пустыми. Пищу составляли исключительно науплиусы и копеподиты *A. clausi*.

Сравнение полученных результатов исследования питания личинок рыб в Севастопольской бухте с опубликованными данными 1955–1965 гг. (позже такие работы не проводились) четко свидетельствует о существенных изменениях, произошедших за истекшие 35 лет под влиянием антропогенного воздействия. Заметно прослеживается резкое различие в видовом составе личинок и зоопланктона, а также составе пищи и соотношении пищевых организмов в кишечниках личинок рыб. В настоящее время личинок промысловых пелагических рыб – ставриды, султанки, морского карася, которые четверть века назад занимали значительное место в пелагическом сообществе Севастопольской бухты, практически не обнаружено. Почти не встречаются ранее широко распространенные личинки прибрежных видов – зеленушек, морского дракона. Если в 50-е годы только в течение одной суточной станции (ловы через каждые 2 ч, на трех горизонтах) могли поймать около 3 тысяч

личинок рыб [31], то за 2 года работ – 1989–1990 гг. – выловлено немногим более 1 тыс. экз. (глава "Материал и методика"), причем в основном личинки непромысловых видов бычков и личинки собачек. Среди 14 видов исследованных личинок доминировали представители 5 видов, составившие по численности 98,3%. Личинки 9 видов были представлены единичными особями.

Из всех обработанных на питание личинок 45,7% оказались с пустыми кишечниками, количество таких личинок колебалось в зависимости от степени загрязнения отдельных участков, удаленности их от выхода из бухты, сезона, вида, состава кормовых организмов. Наибольший процент непитающихся личинок пришелся на районы Южной бухты, устья р. Черной и ГРЭС (соответственно 62,3; 61,0; 58,5%). Самым неблагоприятным временем были август – 64,5% и сентябрь – 74,5%. Количество непитающихся личинок разных видов бычков колебалось от 40,0 до 83,1%, морских собачек от 18,5 до 100%.

При сопоставлении состава пищи личинок с видовым составом зоопланктона видно, что основным кормом для личинок были *A. clausi* и *P. polyphemoides* на разных стадиях развития. Состояние кормового зоопланктона в Севастопольской бухте было определено в 1976 г. И. Ю. Прусовой и в 1990 г. А. Д. Губановой (рис. 37, 38). Из рис. 37 следует, что резко уменьшилась численность кормового сетного зоопланктона в 1990 г. по сравнению с 1976 г. Изменилась структура зоопланктона (рис. 38). В основном в теплое время года в 1990 г. наиболее распространена в бухте *A. clausi*. В ранне-летний период (май – июнь) в незначительных количествах встречалась *O. similis* и совсем малый процент составляли *P. ragvus* и *C. ponticus*. В планктоне этого года в составе зоопланктона не обнаружена *O. папа*, которая ранее доминировала в бухте и была одним из основных кормов личинок при переходе их на экзогенное питание. Известно, что личинки рыб наиболее чувствительны к недостатку пищи именно на этапе смешанного питания и удовлетворяют свои пищевые потребности за счет мелких

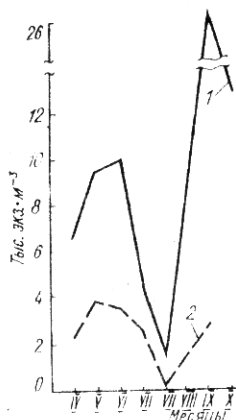


Рис. 37. Сезонные изменения численности (среднемесячная численность, экз. $\cdot$ м $^{-3}$) кормового сетного зоопланктона на станции у выхода из Севастопольской бухты: 1 – 1976 г., 2 – 1990 г. Для июля показаны изменения численности в I и III декадах

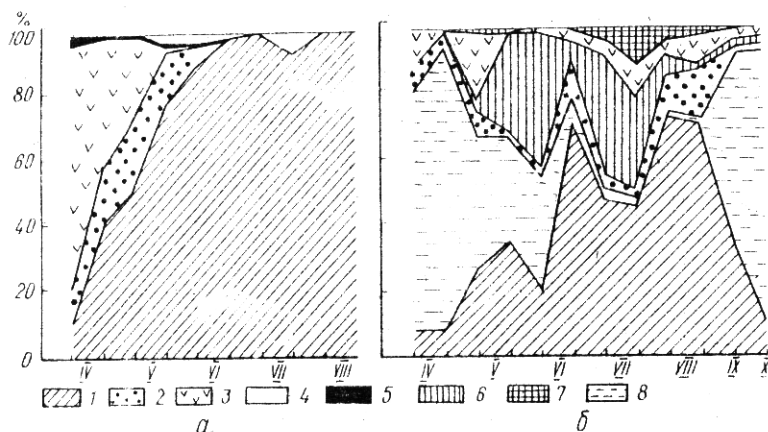


Рис. 38. Сезонные изменения качественного состава копепод на станции у выхода из Севастопольской бухты:
 а – 1990 г., б – 1976 г.; 1 – *Acartia clausi*, 2 – *Oithona similis*, 3 – *Pseudocalanus elongatus*, 4 – *Paracalanus parvus*, *Centropages ponticus*, 5 – *Calanus ponticus*, 6 – *Paracalanus parvus*, 7 – *Centropages ponticus*, *Calanus ponticus*, 8 – *Oithona nana*

и малоподвижных планктонных организмов. Таковыми в Севастопольской бухте были науплиусы *Sopropoda* и копеподиты *O. nana*, *P. parvus*, *A. clausi*. Размеры науплиусов *O. nana* колеблются от 0,05 до 0,15 мм, *P. parvus* от 0,08 до 0,23, а *A. clausi* от 0,15 до 0,24 мм. Только все размерные группы *O. nana* пригодны для питания этих личинок, *P. parvus* – науплиусы I–IV стадии развития, а науплиусы *A. clausi* – I–II.

Видовой состав пищевых организмов, обнаруженный в кишечниках, крайне ограничен. Если в 1955–1965 гг. пищевой спектр у личинок собачек включал до 20 видов, у бычков – до 34 [31, 32], то в 1989–1990 гг. самый широкий спектр питания (до 10 форм, в основном 3–7) был у личинок собачек, обитающих у входа в Севастопольскую бухту. Основной группой для питания личинок были копеподы, а именно науплиусы и копеподиты *A. clausi*, а из кладоцер *P. polyphemoides*, которые преобладали в кишечниках по массе почти у всех исследуемых личинок в разных районах обитания, хотя по численности иногда они не превышали и 10%. Часто по численности доминировали яйца моллюсков (до 90%), но, как правило, за некоторым исключением, их масса составляла несущественную долю от пищевого комка. Видовой состав и численность пищевых объектов варьирует в незначительных пределах у разных видов, что свидетельствует о скудности кормовой ба-

зы. В 1989–1990 гг. в дневное время отмечен высокий процент личинок с пустыми кишечниками. Почти у всех питающихся был очень низкий индекс потребления. В 50-е годы в светлое время суток личинки разных видов с пустыми кишечниками не встречались, за исключением только что выключившихся и еще не перешедших на внешнее питание. Это свидетельствует о том, что кормовых организмов было достаточно, чтобы находить их и заглатывать при более или менее заполненных кишечниках, причем часть зоопланктона была в хорошей сохранности [32]. Пища, обнаруженная нами у личинок разных видов, находилась в единичных экземплярах и только в переваренном состоянии, свежепроглоченных организмов практически не встречалось.

Создавшиеся неблагоприятные кормовые условия в бухте привели к изменению средней массы личинок. Так, в 1955 г. у личинок бычков [31] размером от 3 до 4 мм средняя масса была 0,21 мг, в 1989–1990 гг. – 0,12 мг; соответственно у личинок от 4 до 5 мм – 0,39 и 0,25 мг; у личинок от 5 до 6 мм – 0,63 и 0,52 мг.

Таким образом, о явных негативных изменениях, произошедших в бухте в последние годы, свидетельствует отсутствие или значительное уменьшение не только количества личинок, но и их кормовых объектов. Неблагоприятные кормовые условия привели к ограниченному спектру питания (3–7 форм), к существенному уменьшению средней массы личинок по сравнению с 50-ми годами (в 1,7 раза – для личинок от 3 до 4 мм, в 1,5 раза – для личинок от 4 до 5 мм и в 1,2 раза – для личинок длиной 5–6 мм). Все это свидетельствует о нарушении равновесия трофических взаимоотношений личинок, что может привести к их полной элиминации в бухте.

10. ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ ИХТИОПЛАНКТОНА И РЫБ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НЕЭКВИДИСТАНТНОЙ СЪЕМКИ

В период с января 1990 г. по январь 1991 г. проведено 19 комплексных съемок наблюдений по распределению и численности ихтиопланктона, отобранного сетью Богорова – Рассы, и взрослых рыб, выловленных сетями с размерами ячеи 18 мм (в первом случае в результате 10-минутных горизонтальных тралений на поверхности и у дна и вертикального траления дно – поверхность, во втором – постановкой сетей размером 180x0,9 м на несколько часов).

Данные наблюдений сгруппированы: икринки, личинки и взрослые рыбы для придонных и пелагических видов рыб. Такая агрегация данных произведена из-за большого числа пропусков во временных рядах наблюдений на каждой станции

для фиксированного вида икринок, личинок или взрослых рыб (вследствие катастрофического уменьшения рыбных запасов в бухте) и объясняется близкой товарной стоимостью, учет которой необходим при оценке экономического ущерба рыбным запасам бухты, а также схожим образом жизни – пелагические виды являются преимущественно сезонными мигрантами, а придонные виды рыб – местными обитателями.

Оценка численности ихтиопланктона и взрослых рыб проводилась в несколько этапов: формировались выборки данных ежемесячных наблюдений по четырем сезонам (III-V, VI-VIII, IX-XI, XII-II) и на-

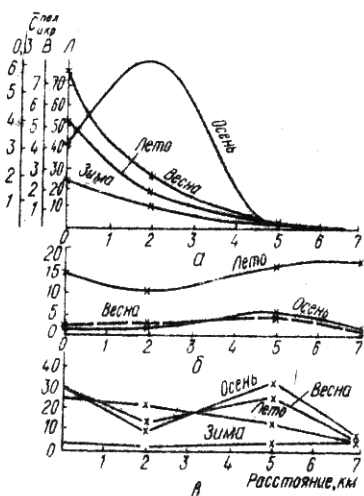


Рис. 39. Сезонное распределение икринок (а), личинок (б) и величины уловов рыб (в) на станциях осевого разреза в Севастопольской бухте (начало отсчета от ст. VIII)

Таблица 52. Величины запасов икры, личинок и рыб (1990 г.), шт.

1990 г., шт.			
Сезон	Придонные виды	Пелагические виды	
Икра			
Весна	213440000**		2190600
Лето	897000000**		16584000
Осень	148800000**		8141200
Зима	37000000**		712800
Итого	1296240000**		27628600
Личинки			
Весна	2134400		21906**
Лето	8970000		165840**
Осень	1488000		81412**
Зима	370000		7128**
Итого	12962400		27600**
Рыбы			
Весна	54580	44850	10950**
Лето	69500	5700	32920**
Осень	77300	63500	40700**
Зима	9400	7100	3564**
Итого	210800	172450	138000**

ходились интерполяционные зависимости распределения численности ихтиопланктона – рыб от расстояния по осевому разрезу между станциями VIII-I (рис. 39). Полученные зависимости графически отображены на рис. 35, 36.

Недостающие величины численности были получены по величине запаса выловленных икринок с использованием коэффициентов выживаемости, заимствованных из работы [21] (где соотношение выживаемости икра:личинки:рыбы определено как $1 : 1 \times 0,01 : 1 \times 0,01 \times 0,5$), и приводятся в табл. 52.

Анализируя данные табл. 52, где значком ** помечены данные, восстановленные при помощи коэффициентов выживаемости по количеству соседней стадии развития, отметим хорошую сходимость результатов расчетов численности рыб пелагических видов по натурным – 172450 экз. и восстановленным данным – 138000 экз.

11. РАСЧЕТ УЩЕРБА, НАНЕСЕННОГО РЫБНЫМ ЗАПАСАМ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ

Настоящий ущерб, нанесенный рыбным запасам Севастопольской бухты, оценивался на основании расчетных данных динамики численности икринок, личинок и взрослых рыб и методики оценки ущерба рыбному хозяйству, разработанной ЦНИИТЭИРХ [76], и таксы для исчисления взыскания за ущерб, причиненный живым ресурсам (табл. 53).

Таблица 53. Стоимость 1 кг выловленной рыбы по видам (1990 г.)

Придонные виды			Пелагические виды		
Вид	Цена, руб.	% от запаса*	Вид	Цена, руб.	% от запаса*
Султанка	0,55	19	Кефаль	1,40	58
Налим	0,71	1	Сельдь	1,73	2
Камбала			Ставрида	1,06	31
Глосса	0,64	11	Хамса	0,22	1
Бычок	0,35	32	Луфарь	0,55	4
Горбыль	0,55	5	Мерланг	0,50	4
Ласкирь	0,32	3			
Смарида	0,45	3			
Скорпена	0,32	23			
Зеленуха	0,20	1			
Собачка	0,20	2			
		100			100

*Рассчитано по данным наблюдений.

Согласно рекомендованной методике, ущерб рыбному хозяйству, причиненный ухудшением условий воспроизводства, определяется по формуле

$$N_1 = Z \left(p p + \frac{n_1 p k_1}{100} + \frac{n_2 p k_2}{100} \right),$$

где N_1 – величина ущерба, причиняемого гибелью особей, руб.; Z – стоимость продукции, полученной на 1 кг сырья, при

сложившемся распределении сырья по видам обработки, руб;
 n – количество погибших или незаконно изъятых из водоема
 взрослых особей, шт.; n_1 – количество личинок, шт.; n_2 – коли-
 чество погибшей икры, шт.; p – средняя масса взрослой особи,
 кг; k_1 – коэффициент промыслового возврата от личинок, %;
 k_2 – коэффициент промыслового возврата от икринок, %.
 Ущерб от потери потомства определяется по формуле

$$N_2 = \frac{n Q k p r c}{10000} \cdot Z,$$

где N_2 – ущерб, причиненный потерей потомства, руб.; n – ко-
 личество погибших или незаконно добытых особей, шт.; Q –
 средняя плодовитость, шт. икринок (личинок); k – коэффици-
 ент промыслового возврата от икры, %; p – средний вес поло-
 возрелой особи, кг; r – доля самок в стаде, %; c – кратность не-
 реста, раз; Z – стоимость продукции, получаемой из 1 кг сырья,
 по розничным ценам, руб.

Для расчета экономического ущерба помимо данных о чис-
 ленности рыб необходимо знать средневзвешенные величи-
 ны массы рыб по видам и их товарную стоимость: $\bar{p}_i$ и $\bar{c}_i$. Вели-
 чины $\bar{p}_{пр,п}$ и $\bar{c}_{пр,п}$ отдельно для придонных и пелагических
 видов рыб предварительно рассчитывались по гистограммам
 соотношения численности того или иного вида в уловах.

Величины $\bar{p}_i$ и $\bar{c}_i$ отдельно определяются по формулам:

$$\bar{p}_i = \frac{\hat{p}_1 \cdot a_1 + \hat{p}_2 \cdot a_2 + \dots + \hat{p}_n \cdot a_n}{\sum a_n}, \quad (1)$$

$$\bar{c}_{руб} = \frac{\hat{c}_1 a_1 + \hat{c}_2 a_2 + \dots + \hat{c}_n a_n}{\sum a_n}, \quad (2)$$

где a_n – доля вида рыб в уловах в %; $\hat{p}_n$ – средняя масса особей
 одного вида в улове; $\hat{c}_n$ – стоимость 1 кг данного вида рыб
 в руб.

Гистограммы распределения величин $\hat{p}_n$ и $\hat{c}_n$ приводятся
 в табл. 53. Там же указана стоимость рыб по видам. Величины
 $\hat{p}_i$ приводятся в соответствующих разделах настоящего и ра-
 нее выполненных по теме отчетах.

Согласно формулам (1) и (2), для придонных видов $\hat{p}_{пр} =$
 $= 0,076$ кг и $\hat{c}_{пр} = 0,434$ руб., для пелагических видов рыб $\hat{p}_{пел} =$
 $= 0,0305$ кг и $\hat{c}_{пел} = 1,22$ руб.

Вследствие малой численности рыбных запасов в бухте и
 соответственно редкой встречаемости рыб одного вида в уло-
 вах в течение 1990 г. не представляется возможным оценить
 ущерб по каждому виду.

Оценку динамики рыбных запасов проводили путем объединения данных наблюдений по видам придонного образа жизни и пелагического. Такое объединение представляется корректным, так как рыбы придонного образа жизни являются преимущественно местного происхождения и имеют малое промысловое значение (зеленухи, морские собачки, бычки и др.) в отличие от рыб пелагических, являющихся, как правило, вселенцами и имеющими большое промысловое значение (кефаль, ставрида, хамса, мерланг и др.) и большую стоимость 1 кг продукции.

Подставляя данные, полученные в предыдущем разделе, для пелагических рыб, получим: $Z = 1,22$ руб., $n = 140000$ экз., $n_1 = 280000$ экз., $n_2 = 28000000$ экз., $\bar{p} = 0,0305$ кг, $k_1 = 0,5$, $k_2 = 0,01$.

$$N_1^{\text{пел}} = 1,22 \cdot 140000 \cdot 0,0305 + \frac{280000 \cdot 0,305 \cdot 0,5}{100} + \frac{28000000 \cdot 0,0305 \cdot 0,01}{100} = 1,22 \cdot 4398 = 5366 \text{ руб.}$$

Для $N_2^{\text{пел}}$: $n = 140000$ экз., $Q = 4000$ шт., $k = 0,01$, $\bar{p} = 0,0305$ кг, $R = 50\%$, $C = 10$, $Z = 1,22$ руб.

$$N_2^{\text{пел}} = \frac{140000 \cdot 4000 \cdot 0,5 \cdot 0,305 \cdot 50 \cdot 10}{10000} \cdot 1,22 = 427000 \cdot 1,22 = 520940 \text{ руб.}$$

Для придонных видов имеем: $Z = 0,434$ руб., $n = 6270000$ экз., $n_1 = 12550000$ экз., $n_2 = 1255000000$ экз., $\bar{p} = 0,076$ кг, $k_1 = 0,5$, $k_2 = 0,01$.

$$N_1^{\text{пр}} = 0,434 \cdot (627000 \cdot 0,076 + \frac{12550000 \cdot 0,076 \cdot 0,5}{100} + \frac{1255000000 \cdot 0,076 \cdot 0,01}{100}) = 0,434 \cdot 490827 = 213018 \text{ руб.}$$

Для величины $N_2^{\text{пр}}$: $n = 6270000$ экз., $Q = 3800$ шт., $k = 0,01$, $\bar{p} = 0,076$, $R = 50\%$, $C = 10$, $Z = 0,434$ руб.

$$N_2^{\text{пр}} = \frac{6270000 \cdot 38000 \cdot 0,01 \cdot 0,076 \cdot 50 \cdot 10}{10000} \cdot 0,434 = 3929383 \text{ руб.}$$

Суммарный ущерб по пелагическим видам рыб составляет

$$N_1^{\text{пел}} + N_2^{\text{пел}} = 5366 + 520940 = 526306 \text{ руб.,}$$

по придонным видам рыб

$$N_1^{\text{пр}} + N_2^{\text{пр}} = 213018 + 3929383 = 4142401 \text{ руб.}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований, проведенных в севастопольских бухтах и в ряде прибрежных участков открытого моря, выявлено следующее: резкое сокращение численности рыб и бентосных беспозвоночных животных, уменьшение их видового разнообразия, смена доминирующих видов; нарушение трофических связей, количественное и качественное оскудение пищевых рационов рыб; недостаточность кормовой базы для личинок рыб и в связи с этим снижение темпа их роста; накопление ртути в мышцах донных и пелагических рыб; нарушение нормального развития и созревания ооцитов у самок многих видов рыб, что приводит к снижению интенсивности нереста и в конечном итоге к слабому пополнению стада рыб.

Сравнение фауны разных бухт по ряду показателей свидетельствует о том, что в наиболее тяжелом состоянии находится биота Севастопольской бухты, отгороженной от моря защитным молом. Это не удивительно, поскольку загрязнение этой бухты нефтяными углеводородами, тяжелыми металлами и другими токсикантами носит хронический характер. Идет непрерывный процесс накопления ядовитых веществ в донных осадках, воде и гидробионтах. Этот процесс усиливается благодаря замедлившемуся после постройки мола водообмену в бухте. Экспериментальные данные показали губительное действие даже малых доз нефти и ртути на эмбриональное развитие рыб.

Ихтиофауна Севастопольской бухты состоит из постоянно живущих здесь видов рыб (бычки, зеленушки, собачки, морской ерш и др.) и заходящих в бухту на нерест и нагул (хамса, султанка, ставрида, спикара, кефали, камбала-калкани и др.). Для промысла представляют интерес именно эти сезонные обитатели бухты. Для них рыбаки устанавливают ставники, которые в 50-е годы давали уловы хамсы — от 12 до 178 т в год, ставриды — от 35 до 87 т, султанки — от 6 до 23 т, кефали — от 2 до 31 т, камбалы-калкани — от 54 до 71 т. В 1988–1990 гг. хамса и камбала-калкан отсутствовали в уловах, так как данные виды не заходили в бухту, а годовые уловы остальных видов

рыб были ничтожно малы – не превышали нескольких кг. Численность постоянно живущих в бухте видов рыб также невелика, в уловах они обычно встречаются единично или по несколько экземпляров.

По гидрохимическим показателям и по данным ихтиопланктонной съемки Севастопольская бухта относится к олиготрофным районам.

По нашим расчетам, ущерб, нанесенный рыбным запасам этой бухты, оказался очень большим. Севастопольская бухта, относившаяся ранее к хорошим промысловым районам моря, превратилась в малоценный с рыбохозяйственной точки зрения водоем.

В других бухтах, имеющих свободный водообмен с морем, ситуация немного благополучнее, чем в Севастопольской. Однако сравнение видового состава, численности и биомассы рыб и представителей макрозообентоса, наблюдаемых в 1988–1990 гг., с тем, что было 30 лет назад, свидетельствует о последовательном обеднении фауны в этих бухтах, что, вероятнее всего, связано с ухудшением в них условий жизни для гидробионтов.

Результаты, полученные нами при изучении ряда бухт в районе Севастополя, характерны, по-видимому, для всей узкоприбрежной полосы Черного моря. Общая тенденция обеднения и деградации фауны и флоры, очевидно, одинакова повсеместно.

Полученные нами данные говорят и о необходимости конкретных мер по охране прибрежных вод в зоне Севастополя. Но такие же меры нужно предпринимать по всему Черному морю, о чем неоднократно заявляли ученые-экологи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеева С. У., Миронова Т. О. О накоплении нефти *Acartia clausi* // Биол. науки. — 1981. — №1. — С. 49—51.
2. Андрияшев А. П., Арнольди Л. В. О биологии питания некоторых донных рыб Черного моря // Журн. общ. биологии. — 1945. — 6, №1. — С. 53—63.
3. Беляев В. Н. Моделирование морских систем / Отв. ред. С. Г. Богуславский. — Киев: Наук. думка, 1987. — 202 с.
4. Берг Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. — 3 т.
5. Берг Л. С. Биоплярное распространение организмов и ледниковая эпоха // Берг Л. С. Избр. тр. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962. — С. 101—129.
6. Богачев В. В. Материалы по изучению третичной фауны Кавказа. — Баку; М., 1933. — 62 с. — (Тр. Азерб. нефт. исслед. ин-та (АЗНИИ); Вып. 15).
7. Богачев В. В. Рыбы из понтических отложений Кировского района // Тр. Азерб. фил. АН СССР. Геол. сер. — 1938. — 9, №39. — С. 37—60.
8. Богословская Е. И. О желтом теле в гонадах рыб // Науч. докл. высш. шк. Биол. науки. — 1960. — №1. — С. 21—26.
9. Большаков В. С. Трансформация речных вод в Черном море. — Киев: Наук. думка, 1970. — 328 с.
10. Браун А. Д., Мотелок Т. П. Неспецифический адаптационный синдром клеточной системы. — Л.: Наука, 1987. — 229 с.
11. Брискина М. М. Типы питания промысловых рыб Черного моря (ставриды, барабули, черноморской пикши, кефали) // ВНИИ мор. рыб. хоз-ва и океанографии. — 1954. — 28. — С. 136—150.
12. Велокурова Н. И., Старов Д. К. Гидрометеорологическая характеристика Черного моря. — М.; Л.: Гидрометеиздат, 1946. — 206 с.
13. Водяницкий В. А. Наблюдения над пелагическими яйцами рыб Черного моря // Тр. Севастоп. биол. ст. — 1936. — 5. — С. 3—44.
14. Воробьев В. П. Вентос Азовского моря. — Симферополь, 1949. — 193 с. — (Тр. Азово-Черномор. НИИ мор. рыб. хоз-ва и океанографии; Вып. 13).
15. Галкина Л. А. Явление дегенерации половых клеток у тихоокеанической сельди // Докл. АН СССР. — 1959. — 126, №2. — С. 404—405.
16. Гандин Л. С., Коган Р. Л. Статистические методы интеграции метеорологических данных. — М.: Гидрометеиздат, 1976. — 357 с.
17. Горбенко Ю. А., Крышев И. И. Статистический анализ динамики морской экосистемы микроорганизмов. — Киев: Наук. думка, 1985. — 143 с.
18. Гордина А. Д. Значение зарослевых биоценозов в воспроизводстве запасов рыб Черного моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Севастополь, 1974. — 23 с.
19. Данильченко П. Г. Основные комплексы ихтиофауны кайнозойских морей Тетиса // Ископаемые костистые рыбы СССР. — М.: Наука, 1980. — С. 175—187.
20. Дехник Т. В., Невинский Н. М. Некоторые вопросы методов исследования ихтиопланктона // Вопр. ихтиологии. — 1985. — 25, вып. 3. — С. 401—409.
- 21-22. Дехник Т. В. Применение ихтиопланктонных методов для оценки биомассы нерестового стада рыб // Тр. Ин-та океанологии АН СССР. — 1986. — Т. 176. — С. 94—103.
23. Дивагин И. А. Влияние нефти и фенола на некоторые свойства нуклеиновых кислот черноморских креветок *Palaemon adspersus* // Биология моря. — 1975. — Вып. 3. — С. 62—64.

24. Дивавин И. А., Кирюхина Л. Н., Миловидова Н. Ю. Влияние нефти и нефтепродуктов на морские организмы и их сообщества // Проблемы химического загрязнения вод Мирового океана. — 1985. — Т. 4. — 136 с.
25. Добровольский А. Д., Залогин Б. С. Моря СССР. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. — 192 с.
26. Драпкин Е. И. Видовой состав и некоторые вопросы биологии морских мышей (Pisces, Callionymidae) Черного моря // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. — 1967. — 72, вып. 2. — С. 22—37.
27. Драпкин Е. И. О морфологических признаках черноморско-азовских атерин (Pisces, Atherinidae) // Там же. — 1968. — 73, вып. 6. — С. 47—54.
28. Дренски П. Рибите в България. — София: Изд. акад. наук, 1951. — 270 с.
29. Дубинина Е. Е. Биологическая роль супероксидного аниона-радикала и супероксиддисмутазы в тканях организма // Успехи соврем. биологии. — 1989. — 108, вып. 1. — С. 3—18.
30. Дука Л. А. О нересте рыб в Севастопольской бухте // Тр. Севастоп. биол. ст. — 1959. — 11. — С. 189—200.
31. Дука Л. А. Питание молоди бычков (Gobiidae) // Там же. — 12. — С. 297—317.
32. Дука Л. А., Синюкова В. И. Питание и пищевые взаимоотношения личинок массовых рыб Черного моря // Размножение и экология массовых рыб Черного моря на ранних стадиях онтогенеза. — Киев: Наук. думка, 1970. — С. 111—162.
33. Дука Л. А., Синюкова В. И. Руководство по изучению питания личинок и мальков морских рыб в естественных и экспериментальных условиях. — Киев: Наук. думка, 1976. — 133 с.
34. Емельяненко П. Г. К вопросу о распределении флоры и фауны у Крымских берегов Черного моря // Сб. ст. по Черному морю. — 1911. — 12. — С. 3—30.
35. Жукинский В. Н., Гош Р. И., Коновалов Ю. Д., Ким Е. Д., Ковтун Е. И. Перезревание и редукция зрелых яйцеклеток и физиолого-биохимические проявления их у тарани и леща // Разнокачественность онтогенеза у рыб. — Киев: Наук. думка, 1981. — С. 85—126.
36. Замбрибори Ф. С. О современных тенденциях изменений черноморских ихтиоценозов // Вопр. ихтиологии. — 1985. — 25, вып. 4. — С. 683—690.
37. Зенкевич Л. А. Биология морей СССР. — М.: Изд-во АН СССР, 1963. — 738 с.
38. Зернов С. А. К вопросу об изучении жизни Черного моря // Зап. императ. АН. — Спб., 1913. — 32, №1. — 299 с.
39. Иванков В. Н. Регуляции плодовитости у рыб с различными типами икрометания // Науч. докл. высш. шк. Биол. науки. — 1976. — №4. — С. 59—63.
40. Карпелич А. Ф. Изменение структуры и биопродуктивности водных экосистем // Вопр. ихтиологии. — 1985. — 25, вып. 1. — С. 3—15.
41. Кирюхина Л. Н., Миловидова Н. Ю. Характеристика донных осадков некоторых районов береговой зоны Черного моря в условиях антропогенного воздействия // Биологические аспекты нефтяного загрязнения морской среды. — Киев: Наук. думка, 1988. — С. 53—82.
42. Киселева М. И. Бентос рыхлых грунтов Черного моря. — Киев: Наук. думка, 1981. — 168 с.
43. Книпович Н. М. Гидрологические исследования в Черном море. — М.; Л., 1933. — 271 с. (Тр. Азов.-Черномор. науч.-промысл. экспедиции; Т. 10).
44. Костюченко В. А. Распределение бычка-кругляка в Азовском море в связи с распределением его кормовой базы // Тр. Азово-Черномор. НИИ мор. рыб. хоз-ва и океанографии. — 1955. — Вып. 16. — С. 157—165.
45. Костюченко В. А. Питание бычка-кругляка и использование им кормовой базы Азовского моря // Тр. Азов. НИИ рыб. хоз-ва. — 1960. — 1, вып. 1. — С. 341—360.
46. Котылев Э. Ф., Кирилук М. М., Бородин С. К. Физиология раннего онтогенеза икры бычка-мартовика в условиях загрязнения среды // Тез. докл. VII Всесоюз. конф. "Экологическая физиология и биохимия рыб". — Ярославль, 1989. — Т. 1. — С. 219—220.
47. Котельников Р. Б. Анализ результатов наблюдений. — М.: Энергоатомиздат, 1986. — 141 с.
48. Кошелев Б. В. Экология размножения рыб. — М.: Наука, 1984. — 309 с.

49. Лакомб А. Физическая океанография. — М.: Мир, 1974. — 495 с.
50. Ленинджер А. Биохимия. — М.: Мир, 1974. — 663 с.
51. Львовский Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул. — М.: Высш. шк., 1982. — 224 с.
52. Мазманиди Н. Д. Эколого-токсикологические основы ихтиомониторинга загрязнений морской среды: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Севастополь, 1988. — 40 с.
53. Мальцев В. И. О возможности применения показателя функционального обилия для структуры исследований зооценозов // Гидробиол. журн. — 1990. — 26, №1. — С. 87–89.
54. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. — М.: Наука, 1974. — 254 с.
55. Миловидова Н. Ю., Каргополова И. Н. Влияние нефтяного загрязнения на состояние популяции *Gammarus aequicauda* // Биология моря. — 1975. — Вып. 35. — С. 124–127.
56. Миловидова Н. Ю., Кирюхина Л. Н. Об использовании формулы Шеннона для оценки состояния морских акваторий // Биология моря. — 1979. — №6. — С. 76–79.
57. Миловидова Н. Ю., Кирюхина Л. Н. Черноморский макрозообентос в санитарно-биологическом аспекте. — Киев: Наук. думка, 1985. — 104 с.
58. Миловидова Н. Ю., Аламов С. В. Макрозообентос некоторых бухт с различным уровнем нефтяного загрязнения / АН УССР. Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. — Севастополь, 1987. — 21 с. — Деп. в ВИНТИ 23.06.87, №4529.
59. Миронов О. Г. Нефтяное загрязнение и жизнь моря. — Киев: Наук. думка, 1973. — 86 с.
60. Миронов О. Г., Шекатурина Т. Л., Писарева Н. А. и др. Фоновые уровни ароматических углеводородов в черноморских гидробионтах // Гидробиол. журн. — 1990. — 26, №5. — С. 52–55.
61. Можева Н. П., Межов В. В. Численность макрозообентоса как показатель изменений в морских донных сообществах // Там же. — 1986. — 22, №4. — С. 28–30.
62. Мордохай-Болтовской Ф. А. Экология каспийской фауны в Азовско-Черноморском бассейне // Зоол. журн. — 1953. — 32, вып. 2. — С. 203–211.
63. Мордохай-Болтовской Ф. А. Каспийская фауна в Азово-Черноморском бассейне. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. — 288 с.
64. Нейфах А. А., Лозовская Е. Р. Гены и развитие организма. — М.: Наука, 1984. — 188 с.
65. Овен Л. С. Оогенез и типы нереста морских рыб. — Киев: Наук. думка, 1976. — 131 с.
66. Овен Л. С., Салахова Л. П. К вопросу о медитерранизации ихтиофауны Черного моря // Гидробиол. журн. — 1969. — 5, №4. — С. 124–127.
67. Одум Ю. Экология. — М.: Мир, 1986. — Т. 2. — 376 с.
68. Патин С. А. Влияние загрязнения на биологические ресурсы и продуктивность мирового океана. — М.: Пищ. пром-сть, 1979. — 304 с.
69. Петипа Т. С. О среднем весе основных форм зоопланктона Черного моря // Тр. Севастоп. биол. станции. — 1957. — 9. — С. 39–57.
70. Петров А. Н. Использование некоторых нетрадиционных показателей для санитарно-экологической оценки состояния популяций массовых видов моллюсков // Моллюски, результаты и перспективы их исследований: Тез. докл. 8-го Всесоюз. совещ. — Л., 1987. — С. 301–302.
71. Петров А. Н. Исследование экологии моллюсков с применением некоторых индексов (на примере черноморских двусторчатых моллюсков): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Севастополь, 1990. — 24 с.
72. Пинчук В. И. Систематика бычков родов *Gobius* Linne (отечественные виды), *Neogobius iljin* и *Mesogobius bleeker* // Вopr. ихтиологии, 1976. — 16, в. 1, 4. — С. 600–609.
73. Пинчук В. И. Система бычков родов *Gobius* Linne (отечественные виды), *Neogobius iljin* и *Mesogobius bleeker* // Там же. — 1977. — 17, вып. 4. — С. 596.

74. Порцев П. И., Николаев Ю. К. Первое нахождение лепидопла *Lepidopus caudatus* (Euphranetes) (Trichiuridae) в Черном море // Там же. — 1984. — 24, вып. 2. — С. 328–329.
75. Практикум по физико-химическим методам в биологии. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. — С. 86–87.
76. Рыбоохрана: Сб. документов / Под. ред. В. М. Каменцева. — М.: Юрид. лит., 1988. — 617 с.
77. Проблемы химического загрязнения вод Мирового океана. Т. 4. Влияние нефти и нефтепродуктов на морские организмы и их сообщества / Ред. О. Г. Миронов. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — 136 с.
78. Пузанов И. И. Медитерранизация Черного моря и перспективы ее усиления // Зоол. журн. — 1967. — 46, вып. 9. — С. 1287–1297.
79. Расс Т. С. Ихтиофауна Черного моря и ее использование // Тр. Ин-та океанологии АН СССР. — 1949. — 4. — С. 103–123.
80. Расс Т. С. Ихтиофауна Каспийского моря и некоторые вопросы ее истории // Там же. — 1951. — 6. — С. 105–116.
81. Расс Т. С. Рыбные ресурсы европейских морей СССР и возможности их пополнения акклиматизацией. — М.: Наука, 1965. — 108 с.
82. Расс Т. С. Современные представления о составе ихтиофауны Черного моря и его изменения // Вопр. ихтиологии. — 1987. — 27, вып. 2. — С. 174–187.
83. Салехова Л. П. Смаридовые рыбы морей Средиземноморского бассейна. — Киев: Наук. думка, 1979. — 172 с.
84. Салехова Л. П., Костенко Н. С., Богачик Т. А., Минабаева О. Н. Состав ихтиофауны в районе Карадагского государственного заповедника (Черное море) // Вопр. ихтиологии. — 1987. — 27, вып. 6. — С. 808–903.
85. Самарский А. А., Гулин А. В. Численные методы. — М.: Наука, 1989. — 427 с.
86. Световидов А. Н. Об особенностях некоторых биполярных ареалов морских рыб и о причинах, их обусловивших // Изв. Всесоюз. геогр. о-ва. — 1949. — 81, вып. 1. — С. 44–52.
87. Световидов А. Н. Рыбы Черного моря. — Л.: Наука, 1964. — 552 с.
88. Световидов А. Н. О нахождении средиземноморского бычка *Sabotia schmidtii* F. de Buen (Gobiidae, Pisces) в Черном море // Rev. Roum. Biol. Ser. Zool. — 1968. — 13, N. 6. — Р. 451–466.
89. Семенов В. В. Резорбция ооцитов у сельдей рода *Clupea* // Исследование фауны морей. — Л.: Наука, 1975. — С. 179–184.
90. Синюкова В. И. О питании личинок некоторых литоральных рыб в Севастопольской бухте // Тр. Севастоп. биол. станции. — 1960. — 13. — С. 254–268.
91. Сластененко Е. П. Каталог рыб Черного и Азовского морей // Тр. Новорос. биол. ст. — 1938. — 2, вып. 2. — С. 109–149.
92. Смирнов А. Н. Материалы по биологии рыб Черного моря в районе Карадаг // Тр. Карадаг. биол. ст. — 1959. — Вып. 15. — С. 31–110.
93. Сорокин Ю. И. Черное море. — М.: Наука, 1982. — 218 с.
94. Столяренко Д. А., Иванов Б. Г. Метод сплайн-аппроксимации плотности для оценки запасов по результатам траловых донных съемок на примере креветки *Pandalus borealis* у Шпицбергена // Морские промысловые беспозвоночные / Под. ред. А. А. Неймана. — М.: ВНИРО, 1988. — С. 45–70.
95. Стоянов С. Состав и характер на рибната фауна на Българското Черноморие // Изв. ЦНИИ рибовъв. риболов. — Варна, 1963. — 3. — С. 79–101.
96. Стоянов С., Георгиев Ж., Иванов Л. и др. Рибите в Черно море. — Варна: Държ. изд., 1963. — 246 с.
97. Строганов Н. С. Водная токсикология и санитарная гидробиология // Гидробиол. журн. — 1969. — №5. — С. 5–13.
98. Тинсли И. Поведение химических загрязнителей в окружающей среде. — М.: Мир, 1982. — [Разд. 4.5]. — С. 157–160.
99. Трифонов Г. П. Биология размножения азовских бычков // Тр. Карадаг. биол. ст. — 1955. — Вып. 13. — С. 5–6.
100. Тьюки Дж. У. Анализ результатов наблюдений. — М.: Мир, 1981. — 693 с.
101. Фалеева Т. И. Анализ атрезии овоцитов у рыб в связи с адаптовым значением этого явления // Вопр. ихтиологии. — 1965. — 5, вып. 3 (36). — С. 455–470.

102. Фалеева Т. И. Сравнительный и экспериментальный анализ нарушения оогенеза у рыб: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Л., 1979. — 25 с.
103. Фельзенбаум А. И. Теоретические основы и методы расчета установившихся морских течений. — М.: Изд-во АН СССР, 1960. — 127 с.
104. Хирина В. А. Материалы по питанию некоторых бентосоядных рыб в прибрежной зоне Черного моря у Карадага // Тр. Карадаг. биол. ст. — 1950. — Вып. 10. — С. 53–65.
105. Хоролич Н. Г. Расчет водообмена мелководного залива (бухты) с морем // Тр. ГОИН. — 1986. — Вып. 168. — С. 113–118.
106. Цокур А. Г. Первая находка икринок центрканта *Centracanthus cirrus Rafinesque* (Centranchidae) в Черном море // Вопр. ихтиологии. — 1988. — 28, вып. 2. — С. 329–330.
107. Шеханова И. А. Радиоэкология рыб. — М.: Лег. пром-сть, 1983. — 207 с.
108. Экологические последствия загрязнения океана. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — 262 с.
109. Banarescu P. Fauna Republicii populari Romine. Pisces — Osteichthyes. — Bucuresti, 1964. — 962 p.
110. Banarescu P. Fauna Republicii socialiste Romania. Cyclostomata si Chondrichthyes. — Bucuresti, 1969. — 104 p.
111. Banerji V., Kumari K. Effect of zinc, mercury and cadmium on erythrocyte and related parametres in the *Anabala testudineus* // Environ. Ecol. — 1988. — 6, N 3. — P. 737–739.
112. Briggs J. C. Marine zoogeography. — New York: McGraw Hill, 1974. — 480 p.
113. CLOFAM, Check-list of the fishes of the north-eastern Atlantic and of the Mediterranean / Ed. J. C. Hureau. — Th. Monod. UNESCO. — Paris, 1973. — Vol. 1, 2. — 684, 332 p.
114. Ekman S. Zoogeography of the Sea. — London: Sidgwick and Jackson, 1953. — 418 p.
115. Farmanfarmaian A., Sun L., Pugliese K., Hannoush P. Sites of mercury inhibition of amino acid transport in fish gill // Mar. Environ. Res. — 1983. — 24, N 1/4. — P. 203–206.
116. FNAME. Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean / Eds Whitehead P. J. P. et al. — Paris: UNESCO, 1984–1986. — 3 vols.
117. Heisinger J. F., Wait E. The effect of mercuric chloride and sodium selenite on glutathione and total nonprotein sulphhydryls in the kidney of the black bull head (*Ictalurus melas*) // Comp. Biochem. and Physiol. — 1989. — 94C, N 1. — P. 139–142.
118. Hsu K. J. When the Mediterranean dried up // Scient. Amer. — 1972. — Dec. — P. 26–36.
119. Hsu K. G. When the Black Sea was drained // Ibid. — 1978. — P. 52–62.
120. Kai N., Ueda T., Takeda M. et al. The levels of mercury and cadmium in gonad of yellow fin and albacore // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. Nissuishi. — 1986. — 52, N 6. — P. 1049–1053.
121. Kirubakaran R., Joy K. P. Inhibition of testicular 3β hydroxy- Δ 5-steroids dehydrogenase (3β -HSD) activity in calfish *Clarias Batrachus* L. by mercurials // Indian J. Exp. Biol. — 1988. — 26, N 11. — P. 907–908.
122. Kulkarni B., Kulkarni R. G. Effect of mercury exposure on enzymes in the clam *Katelysia opima* (Gmelin) // Indian J. Mar. Sci. — 1987. — 16, N 4. — P. 265–266.
123. Matcovics B., Novak R., Hoang Due Hanh et al. A comparative study of some more important experimental animal peroxide metabolism enzymes // Comp. Biochem. and Physiol. — 1977. — 56B. — P. 31–34.
124. McCord J. M., Fridovich J. Superoxide dismutase // Proc. of the R. A. Welch foundation conference on chemical Research. 15. Bio-organic chemistry and mechanisms / Ed. W. O. Hilligeun. — Houston, 1972. — P. 210–231.
125. Mironov O. G., Shchekaturina T. L., Tsimbal I. M. Saturated hydrocarbons on marine organisms // Mar. Ecol. Progr. Ser. — 1981. — 5. — P. 303–309.
126. Mordukhai-Boltovskoi Ph. D. Caspian fauna beyond the Caspian Sea // Int. Rev. gesamt. Hydrobiol. — 1964. — 49 (1). — P. 139–176.
127. Nishikimi M., Rao N. A., Yagi K. The occurrence of superoxid anion on the reaction of reduced phenarine methosulfate and molecular oxygen // Biochem. and Biophys. Res. Commun. — 1972. — 46, N 2. — P. 849–854.

128. *Papers presented at the FAO/UNEP Meeting on the toxicity and bioaccumulation of selected substances in marine organisms, Rovinji Yugoslavia, 5-9 November 1984 / FAO Rome (Italy). - S.1., 1986. - (FAO FIRIR 334 FAO Fish. Rep.; N 334).*
129. *Pusanov I. Über die sukzessiven Stadien der Mediterranisation des Schwarzen Meeres // Int. Rev. gesamt. Hydrobiol. - 1967. - 52. - P. 219-236.*
130. *Quignard J.-P. Introduction à l'ichthyologie méditerranéenne; aspect général du peuplement // Bull. off. natn. Pêche Tunisie. - 1978. - N 2. - P. 3-21.*
131. *Radi A. A. R., Matkovic B. Effects of metal ions on the antioxidant enzyme activities, proteins contents and lipid peroxidation of carp tissues // Comp. Biochem. and Physiol. - 1988. - 90C, N 1. - P. 69-72.*
132. *Ram R. N., Sathyanesan A. G. Effect of mercuric chloride on thyroid function in the teleostean fish *Channa punctatus* (Bloch) // Matsya. - 1983-1984. - N 9/10. - P. 194-198.*
133. *Rass T. S. Some feature of the biogeography of the ichthyofauna of the Indian ocean. Special publication // Marine Biol. Association of India. - 1973. - P. 250-254.*
134. *Saksena D. N., Agarwall A. Effect of mercuric chloride inoxidation on ovarian activity of a teleostean fish, *Channa punctatus* (Bloch) // Int. J. Acad. Ichtiol. Modinagar. - 1986. - 7, N 1. - P. 1-6.*
135. *Saville A. Estimation of the abundance of a fish stock from egg and larvae surveys // Rupp. et proc. verb. reun. Cons. perm. intern. explor. mer. - 1964. - 155. - P. 164-170.*
136. *Sette T. E., Alstom E. H. Estimation of abundance of the egg of the Pacific pilchard (*Sardinops caerulea*) off Southern California during 1940 and 1941 // J. Mar. Res. - 1948. - 7, N 3. - P. 511-542.*
137. *Simpson A. C. The spawning of the plaice in the North sea // Fish. Invest., Lond. Ser. 2. - 1959. - 22, N 7. - P. 1-111.*
138. *Slastenenko E. P. Les poissons de la mer Noire et de la mer d'Azov // Annales scienc. Univ. Jassy. - 1939. - 25. - P. 11.*
139. *Slastenenko E. P. Zoogeographical review of the Black Sea fish fauna // Hydrobiologia. - 1959. - 14. - P. 177-187.*
140. *Tortonese E. Elenco riveduto dei Leptocardi, Ciclostomi, Pesci cardilaginei e ossei del mare Mediterraneo // Ann. Mus. civ. Sor. nat. "G. Doria". - 1963-1964. - 74. - P. 156-185.*
141. *Tortonese E., Cautis I. Revision des Poissons de la famille des Sparidés, vivant près des côtes de Roumanie // Ann. Mus. Stor. nat. Genova. - 1966-1967. - 76. - P. 295-306.*
142. *Wazieczak J., Zalesna G., Bartkowiak A. et al. Comparative studies on superoxide dismutase, catalase and peroxidase levels in erythrocytes of different fish species // Comp. Biochem. Physiol. - 1981. - 68B, N 2. - P. 357-358.*
143. *Wofford H. W., Thomas P. T. Effect of xenobiotics on peroxidation of hepatic microsomal lipids from striped Mullet (*Mugil cephalus*) and Atlantic croaker (*Micropogonias undulatus*) // Mar. Environ. Res. - 1988. - 24, N 1/4. - P. 285-289.*
144. *Zikic R., Stain A., Zivkovic R. The activity of superoxide dismutase and catalase in the tissues and erythrocytes of the carp (*Cyprinus carpio*) exposed to manganese // Acta biol. jugosl. - 1988. - 24C, N 3. - P. 273-281.*

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие (Л. С. Овен)	3
1. Ихтиофауна Черного моря и некоторые этапы ее истории (Т. С. Расс).....	6
2. Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты (В. А. Морчковский, Ю. Л. Ковальчук)	17
3. Распределение, количественные характеристики и показатели состояния зообентоса в бухтах, различающихся по степени загрязнения (А. Н. Петров, С. В. Алемов)	25
3.1. Материал и методика	25
3.2. Основные результаты	27
3.2.1. Характеристика донных осадков	27
3.2.2. Общая характеристика зообентоса	28
3.2.3. Изменение некоторых показателей макробентоса под влиянием загрязнения	33
4. Влияние нефти и нефтепродуктов на некоторых гидробионтов Севастопольской бухты (экспериментальные исследования) (О. Г. Миронов, А. Д. Гордина, И. И. Руднева, Т. Л. Гавенаускайте)	46
4.1 Рыбы	46
4.2. Планктонные водоросли и беспозвоночные животные	58
5. Загрязнение ртутью воды, грунта и рыб Севастопольской бухты (С. К. Светашева)	67
6. Влияние ртути на биохимические показатели рыб (И. И. Руднева)	71
7. Видовой состав и количественное распределение рыб в бухтах в районе Севастополя (Н. Ф. Шевченко)	77
7.1. Видовой состав и численность рыб в Севастопольской бухте	78
7.2. Видовой состав и численность рыб в бухте Омега	84
7.3. Видовой состав и численность рыб в Балаклавской бухте	85
7.4. Питание рыб в Севастопольской бухте	87
7.5. Размерно-возрастной состав бычка-кругляка и султанки в Севастопольской бухте	91
8. Нарушение оогенеза у некоторых видов рыб в разгар нерестового сезона (Л. С. Овен)	94
	141

9. Ихтиопланктон севастопольских бухт (А. Д. Гордина, Т. Н. Климова) . . .	100
9.1 Видовой состав и количественное распределение икринок и личинок рыб	100
9.1.1 Материал и методика	100
9.1.2. Ихтиопланктон Севастопольской бухты.	101
9.1.3. Ихтиопланктон бухт Омега, Казачья и района Учкеевки	111
9.2. Питание личинок рыб в Севастопольской бухте (А. В. Ткач).	113
10. Оценка численности ихтиопланктона и рыб по результатам неэквидистантной съемки (В. А. Морочковский)	128
11. Расчет ущерба, нанесенного рыбным запасам Севастопольской бухты (В. А. Морочковский).	130
Заключение (Л. С. Овен)	133
Список литературы	135

CONTENTS

Introduction (<i>L. S. Oven</i>)	3
1. Black Sea ichthyofauna and its history (<i>T. S. Rass</i>)	6
2. Hydrologo-hydrochemical conditions in Sevastopol Bay (<i>V. A. Morochkovsky, Yu. L. Kovalchuk</i>)	17
3. Distribution pattern, characteristics of number and conditions of zoobenthos depending upon pollutand loadina into the bays (<i>A. N. Petrov and S. V. Alyo-mov</i>)	25
3.1. Matherial and methods	25
3.2. Results	27
3.2.1. Bottom sediments	27
3.2.2. Zoobenthos: general characteristic	28
3.2.3. Variations in some macrobenthic indices depending upon pollution	33
4. Effects of oil and oil products on some hydrobionts in Sevastopol Bay under experimental conditions (<i>O. G. Mironov, A. D. Gordina, I. I Rudneva, T. L. Gavenauskaite</i>)	46
4.1. Fish	46
4.2. Planktonic algae and invertebrates	58
5. Mercury pollution of water, sediments and fish in Sevastopol Bay (<i>S. K. Sveta-sheva</i>)	67
6. Mercury impact upon biochemical indices of fish (<i>I. I. Rudneva</i>)	71
7. Taxonomy and quantitative distribution of fish in bays of Sevastopol (<i>N. F. Shevchenko</i>)	77
7.1. Taxomy and number of fish in Sevastopol Bay	78
7.2. Taxomy and numbers of fish in the Omega Bay	84
7.3. Taxomy and numbers of fish in Balaklava Bay	85
7.4. Diet of fish in Sevastopol Bay	87
7.5. Size-age composition in <i>Neogobius melanostomus</i> and <i>Mullus barbatus ponticus</i> in Sevastopol bay	91
8. Disturbed oogenesis in some fish species at the peak of spawning season (<i>L. S. Oven</i>)	94
9. Ichthyoplankton in bays of Sevastopol (<i>A. D. Gordina, T. N. Klimova</i>)	100
	143

9.1. Taxonomy and quantitative distribution of fish eggs and larvae	100
9.1.1. Material and methods	100
9.1.2. Ichthyoplankton of Sevastopol Bay	101
9.1.3. Ichthyoplankton in the Omega and Kazachya Bays and near Utch- kuyevka	111
9.2. Diet of fish larvae in Sevastopol Bay (A. V. Tkach)	113
10. Evaluation of numbers of ichthyoplankton and fish using non-equidistant sur- vey (V. A. Morochkovsky)	128
11. Assessment of damage to fish stock in Sevastopol Bay (V. A. Morochkovsky)	130
Conclusion (L. S. Oven)	133
References	135

Наукове видання

АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ БІОЛОГІЇ ПІВДЕННИХ МОРІВ ім. О. О. КОВАЛЕВСЬКОГО

ОВЕН Лідія Сергіївна
ГОРДІНА Ганна Давидівна
МИРОНОВ Олег Глібович та ін.

ІХТІОФАУНА ЧОРНОМОРСЬКИХ БУХТ
В УМОВАХ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ

Київ Наукова думка 1993

Російською мовою

Обкладинка художника В. Г. Самсонова
Художній редактор А. В. Косяк. Технічний редактор Н. І. Кудрик
Оператор О. С. Насонов. Коректор Т. М. Карпенко

Здано до набору 30.12.92. Підп. до друку 05.04.93. Формат 60х84/16. Папір
офс. №1. Гарн. Тіде. Офс. друк. Ум. друк. арк. 8,60. Ум. фарбо-відб. 8,95.
Обл.-вид. арк. 8,96 + вкл. 0,20 = 9,16. Зам. 3-506.

Оригінал-макет підготовлено у видавництві "Наукова думка".

252601 Київ 4, вул. Терещенківська, 3.

Київська книжкова друкарня наукової книги.

252004 Київ 4, вул. Терещенківська, 4.