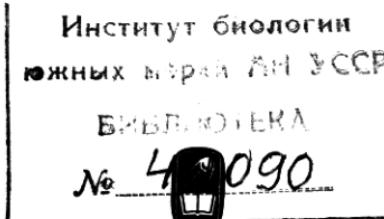


АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
КОМИССИЯ ПО ПРОБЛЕМАМ МИРОВОГО ОКЕАНА

ПРОВ 2010

# Современное состояние ЭКОСИСТЕМЫ ЧЕРНОГО МОРЯ

Ответственные редакторы:  
член-корр. АН СССР М.Е. ВИНОГРАДОВ  
канд. биол. наук М.В. ФЛИНТ



МОСКВА

"НАУКА"

1987

# СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

*Ю.П. Зайцев, Г.П. Гаркавая, Д.А. Нестерова,  
Л.Н. Полищук, А.Г. Цокур*

На один квадратный метр поверхности Черного моря приходится 4,4 квадратных метра водосборной площади суши, которая охватывает девять государств Европы и Малой Азии. Для наиболее опресненной северо-западной части моря это соотношение (коэффициент удельного водосбора) составляет 22,0.

Тесная зависимость Черного моря от поверхностного стока с суши определяет его основные экологические характеристики. Так, главный путь поступления биогенных веществ в Черное море реализуется через аутвеллинг, т.е. через стоки рек и эстуариев. Известно, что в большинстве других морей и в океанах обогащение поверхностных вод биогенами происходит благодаря подъему глубинных вод – апвеллингу.

По той же причине наиболее продуктивной акваторией Черного моря традиционно была его северо-западная часть, самая опресненная часть моря, куда вливаются воды Днепра, Днестра и Дуная. Именно здесь, на северо-западном мелководье, была сосредоточена основная доля запасов водорослей (например, филлофоры), мидий, устриц, креветок, крабов и других беспозвоночных, многих видов донных и пелагических рыб.

Вот почему, когда качество речных вод изменилось в сторону увеличения концентрации органических, минеральных и других аллохтонных веществ, наиболее глубокие последствия этого вызвало в северо-западной части Черного моря.

Характерно, что в последние годы наблюдается четкая тенденция увеличения стока Дуная, Днестра и Днепра, одновременно возрастает концентрация азота и фосфора (табл. 1). Так, если в 1954–1960 гг. содержание фосфатов колебалось в северо-западной части в пределах 0–

Таблица 1

Сравнительная характеристика биогенных веществ в стоке рек,  
поступающих в северо-западную часть Черного моря

Река	Нитриты			Нитраты			Фосфаты			Река	Нитриты			Нитраты			Фосфаты		
мкг-ат · л <sup>-1</sup>									мкг-ат · л <sup>-1</sup>										
Дунай									Днестр**										
	1948–1959	12	260	85						1952–1953	0	200	14						
Днепр*	1977–1983	68	1 660	254					1977–1983	90	1 200	95							
	1952–1953	4,7	105	15															
Днестр	1977–1983	7,2	15	163	82														

\*Устье Днепровско-Бугского лимана.

\*\*Устье Днестровского лимана.

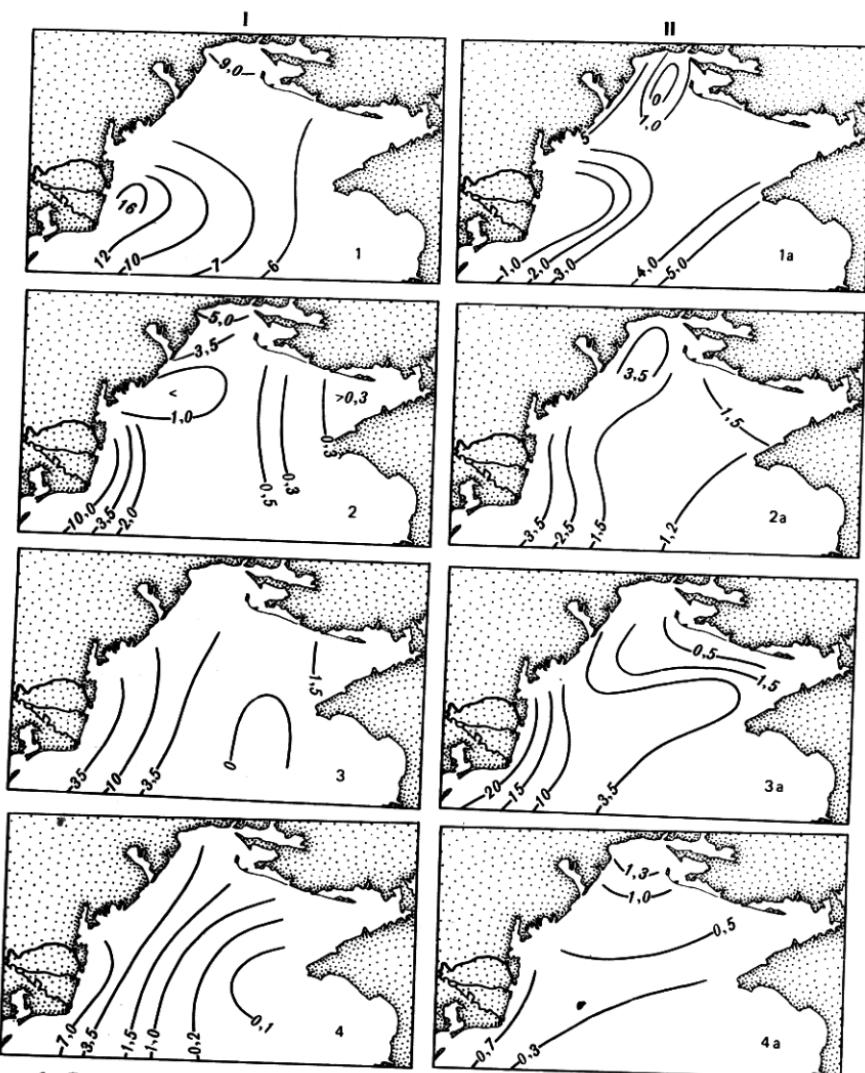


Рис. 1. Содержание кислорода ( $\text{мл} \cdot \text{л}^{-1}$ ), биогенных веществ ( $\text{мкг-ат} \cdot \text{л}^{-1}$ ) и фосфора органического ( $\text{мкг-ат} \cdot \text{л}^{-1}$ ) в северо-западной части Черного моря в летне-осенний период 1980 г.

I — поверхностный слой (июль–август); II — придонный слой (октябрь–ноябрь);  
1, 1a — кислород; 2, 2a — фосфаты; 3, 3a — нитраты; 4, 4a — фосфор органический

0,65  $\text{мкг-ат} \cdot \text{л}^{-1}$  [Алмазов, 1967], то в 1977–1984 гг. оно составляло 0–12,0  $\text{мкг-ат} \cdot \text{л}^{-1}$ . Соответственно нитраты изменились от 0–7,1 до 0–35,0  $\text{мкг-ат} \cdot \text{л}^{-1}$ . При этом нулевые значения фосфатов и нитратов отмечаются спорадически в наименее опресненной акватории в районе мыса Тарханкут (рис. 1).

Резкие изменения претерпело содержание кислорода в воде, особенно в летние месяцы. Если в 50–60-е годы высокое содержание кислорода 8–9  $\text{мл} \cdot \text{л}^{-1}$  при  $\text{pH } 8,5\text{--}9,0$  наблюдалось только в узких мелководных

прибрежных акваториях [Алмазов, 1962], в 80-е годы отмечены максимальные значения 12–15 мл · л<sup>-1</sup> кислорода и pH 8,5–9,40 на больших площадях в открытых водах, особенно в зоне влияния Дуная (см. рис. 1). Полученные цифры, крайне редкие для морских акваторий, свидетельствуют о значительной эвтрофикации северо-западной части Черного моря.

Как правило, участкам с максимальным содержанием кислорода в поверхностном слое воды в мае–июне в конце лета–начале осени соответствуют участки морского дна с наибольшим содержанием органических веществ (100–150 мкг-ат · л<sup>-1</sup> азота и 0,8–1,5 мкг-ат · л<sup>-1</sup> фосфора). Такое же содержание органических веществ отмечается в акваториях, прилегающих к устьям рек.

Минерализация органического вещества происходит с потреблением кислорода, что приводит в условиях плотностной стратификации к образованию обширных зон гипоксии (см. рис. 1). Это явление наблюдалось на глубине от 8–10 до 38 м при солености воды у дна 14,9–18,6‰.

В настоящее время гипоксии подвержено до половины площади северо-западного шельфа Черного моря. Обогащенные органикой донные отложения в условиях гипоксии в pH 7,75–7,90 становятся дополнительным источником поступления биогенных веществ в воду.

Эвтрофикация северо-западной части Черного моря и смежных акваторий вызвала существенные изменения в развитии фитопланктона, особенно в летний период. Изменения коснулись как структуры пелагических фитоценозов, так и их количественных характеристик. Если в 50–60-е годы в планктоне господствовали диатомовые, то в 70–80-е годы они уступили место перидиниевым, среди которых появились новые виды, не характерные прежде для этих вод [Нестерова, 1983]. В настоящее время на долю перидиниевых приходится в среднем 50,6% общей численности клеток и 54,4% биомассы. В 50–60-е годы доля перидиней в общей биомассе составляла всего 18,8% [Иванов, 1967]. Сказанное хорошо иллюстрируется на примере цветения *Exuviaella cordata*. Если в 50–60-е годы цветение *E. cordata* в северо-западной части Черного моря было зарегистрировано дважды с максимумом численности 3,3 млн кл · л<sup>-1</sup> [Пиццык, 1954; Иванов, 1967], то в последнее десятилетие эти явления отмечаются ежегодно, а численность возросла до 224 млн кл · л<sup>-1</sup> [Нестерова, 1983]. У берегов Румынии отмечены вспышки развития этого вида с численностью 182 млн кл · л<sup>-1</sup> [Bodeanu, Usurelu, 1978], а у берегов Болгарии – до 500 млн кл · л<sup>-1</sup> (личное сообщение В. Петровой-Караджовой).

В последние годы в северо-западной части моря отмечено цветение другого представителя перидиниевых *Peridinium triquetrum* с максимальной численностью 18 млн кл · л<sup>-1</sup>. Этот вид в 50–60-е годы не входил в число массовых.

Среди диатомовых цветение воды стала вызывать *Serataulina bergonii*. В 50–60-е годы численность этой водоросли не превышала 352 тыс. кл · л<sup>-1</sup> [Иванов, 1967], в настоящее время зарегистрированы уровни 35–40 млн кл · л<sup>-1</sup>.

Максимальная биомасса фитопланктона в 50–60-е годы составляла 52 г · м<sup>-3</sup> [Иванов, 1967]. В настоящее время она превзошла 800 г · м<sup>-3</sup>.

Обращает на себя внимание расширение зон цветения воды в северо-

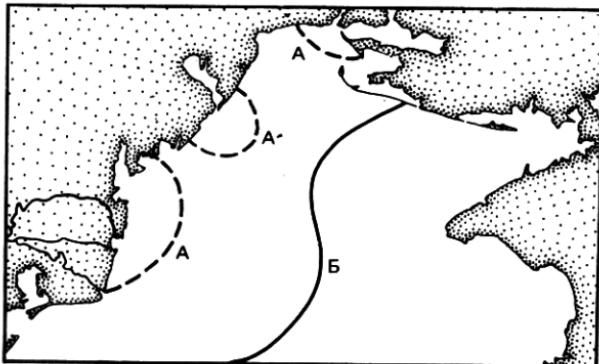


Рис. 2. Зоны массового развития фитопланктона в северо-западной части Черного моря в 50–60-х годах (A, по А.И. Иванову) и в 80-х годах (Б, по Д.А. Нестеровой)

западной части моря. Если в 50–60-е годы они ограничились приустьевыми акваториями [Иванов, 1967], в настоящее время площадь зон цветения увеличилась в 8–10 раз (рис. 2).

Изменение структуры и численности фитопланктона наиболее заметно в слое 0–10 м. В нижележащих горизонтах пелагиали фитопланктон не испытывает существенных сезонных и годовых колебаний.

Наиболее мощное цветение воды в Черном море отмечается в зоне влияния стока Дуная. Это влияние затрагивает также северную часть западной халистазы моря.

Эвтрофикация и связанные с ней изменения условий среды отразились также на зоопланктоне и зоонектоне. По сравнению с 50–60-ми годами значительно возросла общая численность и биомасса зоопланктона (табл. 2, 3).

Высокая плотность зоопланктона в последние годы обусловлена в основном за счет развития ночесветки. Если в 50–60-е годы ее удельный вес в общей биомассе зоопланктона северо-западной части составлял немногим более 40%, то в конце 70-х годов и начала 80-х он возрос более чем в 2 раза, а среднемноголетняя биомасса увеличилась в 15 раз и продолжает расти. Основной район развития ночесветки – Дунай-Днестровское междуречье. В 1975 г. в летний период максимальная биомасса ночесветки достигала здесь  $54 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$ . В 1981 г. на отдельных участках была зарегистрирована численность, превышающая  $1 \cdot 10^6 \text{ экз} \cdot \text{м}^{-3}$ , и биомасса  $63 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$ , а летом 1984 г. максимальная численность ее возросла до  $3 \cdot 10^6 \text{ экз} \cdot \text{м}^{-3}$  при биомассе  $175 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$ .

На фоне развития ночесветки роль других представителей зоопланктона оказывается незначительной. Однако следует отметить, что в районах, подверженных влиянию речного стока, возрос удельный вес коловраток, среди которых доминирует *Synchaeta baltica*. Наряду с *Brachionus calyciflorus* – видом, характерным для эвтрофных вод, в планктоне Приднепровско-Бугского района впервые для Черного моря обнаружены коловратки *Brachionus diversicornis* и *Bipalpus hudsoni*. Первая из них характерна для водоемов повышенной эвтрофности. Роль коловраток особенно возрастает в летние месяцы (см. табл. 3). В летний период мас-

Таблица 2

Среднемноголетняя динамика биомассы основных видов зоопланктона  
северо-западной части Черного моря (слой 0–25 м)

Организм	Годы					
	1951–1960*		1975–1980		1981–1982	
	Мг · м <sup>-3</sup>	%	Мг · м <sup>-3</sup>	%	Мг · м <sup>-3</sup>	%
Noctiluca miliaris	163	42	2 536	94	1 0667	98
Acartia clausi	36	10	44	1,6	63	0,6
Oithona minuta	8	2	15	0,5	18	0,2
Centropages ponticus	5	1	0,09	0,003	0,003	0,000
Paracalanus parvus	8	2	2	0,07	1,3	0,01
Pseudocalanus elongatus	24	6	2	0,07	2	0,02
Calanus helgolandicus	3	0,8	0,04	0,001	0,2	0,002
Penilia avirostris	26	7	8	0,3	6	0,05
Pleopis polypnemoides	6	1,6	22	0,8	15	0,1
Pleopis tergestina	}	—	0,1	0,003	0,1	0,001
Evadne spinifera			0,1	0,003		
Ларватон	14	4	29	1	57	0,5
Pleurobrachia rhodopis	49	13	48	1,8	28	0,2
Sagitta	24	6	6	0,2	10	0,09
Varia	14	3,6	12	0,4	36,4	0,3
Всего	384	—	2 701	—	10 919	—

\*Данные Л.Г. Коваль (1984).

сового развития достигают личиночные стадии донных организмов. Заметнее других выделяются личинки многощетинковых червей, двусторчатых моллюсков и усогоних раков. Иногда преобладание может давать одна группа животных. Так, например, в 1981 г. ларватон составлял 87 мг · м<sup>-3</sup>, из которых 84% приходилось на долю многощетинковых червей.

Среди ветвистоусых ракообразных возрастла роль Pleopis polypnemoides – вида, характерного для эвтрофных вод [Petran, 1977; Настенко, 1978; Rogumb, 1981].

Незначительное увеличение численности и биомассы наблюдается у эврибионтных видов (Acartia clausi, Oithona minuta).

Одновременно с увеличением общей численности и биомассы одних видов зоопланктона произошло снижение численности и биомассы других. Так, характерные в прошлом для всей неритической акватории Черного моря, в том числе его северо-западной части, ветвистоусые Pleopis tergestina, Evadne spinifera, Penilia avirostris встречаются в настоящее время эпизодически. Такая же часть постигла гипонейстонных понтеллид [Зайцев, 1977]. На грани исчезновения находитсянейстофильный вид Centropages ponticus.

Для нынешнего состояния пелагической экосистемы северо-западной части и всего Черного моря весьма характерна вспышка численности медузы Aurelia aurita [Виноградов, Гринберг, 1979; Гомою, Куприянов,

1980; Полищук и др., 1983]. При средней численности 15 экз. · м<sup>-2</sup> общее количество аурелии в северо-западной части составляет 974 · 10<sup>9</sup> экземпляров, а общая биомасса 33 · 10<sup>6</sup> т. Нарастание численности и биомассы медуз происходит от весны (численность 958 · 10<sup>9</sup> экз., биомасса 7 · 10<sup>6</sup> т) к лету (численность 1853 · 10<sup>9</sup> экз., биомасса 79 · 10<sup>6</sup> т). Весной преобладают преимущественно молодые особи со средним диаметром 50–60 мм. К лету они достигают дефинитивных размеров. От лета к осени (численность 702 · 10<sup>9</sup> экз., биомасса 30 · 10<sup>6</sup> т) и от осени к зиме (численность 383 · 10<sup>9</sup> экз., биомасса 16 · 10<sup>6</sup> т) происходит уменьшение запасов аурелии.

Ихтиофауна северо-западной части моря также претерпела значительные изменения по сравнению с тем, что наблюдалось в 50–60-е годы.

Состав ихтиоценза этой акватории в полной мере отражает основную особенность гидролого-гидрохимического режима – смешивание и трансформацию речных и морских вод. Поэтому здесь одновременно могут существовать как пресноводные, так и морские рыбы.

В наиболее опресненном Дунайско-Днепровском междуречье, особенно в период весеннего половодья, встречаются нередко в значительных количествах пресноводные рыбы: щука, красноперка, густера, лещ, карась, карп, царек, окунь и др. С другой стороны, в этой же акватории отмечались такие галофильные виды, как луфарь, морские собачки, ошибень, пеламида и др. [Виноградов, 1960].

Северо-западная часть издавна рассматривалась как важнейший нерестовый и нагульный район рыб Черного моря. Формирование запаса массовых промысловых видов, таких, как шпрот, хамса, ставрида, в значительной степени лимитируется особенностями динамики океанологических параметров этой акватории.

Одним из основных участков размножения рыб-пелагофилов до недавнего времени являлся Приднепровский район [Зелезинська, 1961]. По данным этого автора, в конце июня 1959 г. средняя концентрация икринок хамсы в приповерхностном слое воды составляла 73,71 экз. · м<sup>-3</sup>, при максимальной отмеченной концентрации 361 экз. · м<sup>-3</sup>. Концентрация личинок этого вида достигала 0,8 экз. · м<sup>-3</sup>. Здесь же отмечены икринки (до 3,10 экз. · м<sup>-3</sup>) и личинки ставриды, а также икринки шпрота, губана, морской мыши, пеламиды, морского языка.

В последующие годы произошли изменения качества морской среды района, которые отрицательно сказались на воспроизводстве многих видов рыб.

По обобщенным данным за 1980–1983 гг. в приповерхностном 25-санитметровом слое моря, который облавливался по методике, использовавшейся Л.М. Зелезинской в 1959 г. [Зайцев, 1970], встречались только икринки и личинки хамсы, а также личинки атериновых, губановых, собачковых и бычковых рыб. Средняя численность икринок хамсы составляла 6,80 экз. · м<sup>-3</sup>, средняя численность ее личинок 0,006 экз. · м<sup>-3</sup>. Сопоставление приведенных данных показывает, что к 80-м годам произошло примерно десятикратное снижение значения показателя средней концентрации икринок и личинок хамсы.

Основные тенденции современного пространственного распределения рыб-пелагофилов этого района на ранних этапах онтогенеза можно пока-

Таблица 3

Динамика численности основных видов и групп зоопланктона Приднепровско-Бугского и Приднестровского районов северо-западной части Черного моря в летний период (слой 0-10 м)

Организм	Приднепровско-Бугский район						Приднестровский район					
	1975		1982		1983		1975		1982		1984	
	экз · м <sup>-3</sup>	%	экз · м <sup>-3</sup>	%	экз · м <sup>-3</sup>	%	экз · м <sup>-3</sup>	%	экз · м <sup>-3</sup>	%	экз · м <sup>-3</sup>	%
Noctiluca miliaris	8 961	42	58 119	54	1 282	1	177 737	92	373 152	85,4		
Tintinnoinea	—	—	237	0,2	—	—	148	0,07	528	0,12		
Rotatoria	100	0,5	23 368	22	59 827	54	400	0,2	41 595	9,5		
Acartia clausi	1 607	7	2 470	2	8 127	7,3	7 868	4	6 574	1,5		
Oithona minuta	91	0,4	1 720	1	35	0,03	530	0,3	1 151	0,2		
Другие Copepoda	279	1	1 826	2	1 601	1,4	290	0,15	413	0,09		
Bero Copepoda	1 977	9	6 016	5	10 008	9	8 688	4,4	8 138	1,8		
Pleopis polyphemoides	—	—	11 892	11	20 037	18	—	—	4 096	0,9		
Другие Cladocera	—	—	478	0,4	338	0,3	—	—	118	0,02		
Bero Cladocera	2 721	13	12 370	11,4	20 376	18	2 205	1,1	4 214	0,9		
Ларвагон	7 438	35	6 774	6	18 625	17	3 928	2	9 069	2,1		
Oikopleura dioica	—	—	983	1	—	—	140	0,07	141	0,03		
Varia	—	—	78	0,07	30	0,03	30	0,01	134	0,03		
Всего	21 194	107 945	110 148	193 276	435 971							

зать на примере материалов 97-го рейна НИС "Миклухо-Маклай", собранных в слое моря 0–25 см летом 1980 г.

Отсутствие икринок зарегистрировано на участках, примыкающих к устьям реки Дунай и Днепровского лимана. Наибольшая их концентрация (более 500 экз · м<sup>-3</sup>) отмечена в районе мыса Тарханкут.

В целом почти вся акватория, ограниченная со стороны моря условной линией, проведенной между Тендровской косой и мысом Мидия у Констанцы характеризовалась очень низкими уловами икринок, концентрация которых колебалась от 0 до 5,0 экз · м<sup>-3</sup>.

Мористее линии Тендровская коса – мыса Мидия концентрации икринок возрастали до величин, превышавших 50 экз · м<sup>-3</sup>.

Таким образом, в период наблюдений на северо-западном шельфе существовал очаг очень интенсивного размножения рыб-пелагофилов (преимущественно хамсы) в районе мыса Тарханкут. Влияние его распространялось в сторону устья Днестровского лимана.

Сходная тенденция отмечалась и в распределении личинок рыб, среди которых также доминировала хамса. Они отсутствовали в прибрежной акватории, тянущейся от приустьевого района Дуная почти до мыса Калякра.

Наибольшая концентрация личинок (порядка 13,6 экз · м<sup>-3</sup>) отмечена у мыса Тарханкут. Большая часть акватории, расположенной севернее условной линии мыса Тарханкут – о-в Змеиный, характеризовалась пониженными концентрациями личинок рыб (менее 2 экз · м<sup>-3</sup>).

Таким образом, можно заключить, что за последние 20–25 лет значение северо-западного шельфа Черного моря как нерестилища морских рыб снизилось примерно на порядок. Особенно сильное обеднение ихтиопланктона и ихтионейстона произошло на акватории, расположенной северо-западнее условной линии мыса Мидия – Тендровская коса, которая в наибольшей степени подвержена влиянию стока рек Дунай, Днестр и Днепр.

Донные сообщества притерпели не менее глубокие изменения, чем пелагические (северо-западная часть Черного моря). Обилие взвеси (сестона) снизило прозрачность воды в 1,5–2 раза в открытых районах и в 5–10 раз в прибрежных. Это адекватно уменьшило глубину нахождения компенсационной точки, обозначающей такую силу подводной освещенности, при которой величина фотосинтеза равна величине дыхания. В результате обширные площади дна в северо-западной части моря оказались ниже компенсационной точки, и это привело к редукции макрофитоценозов. Например, почти полностью исчезли макрофиты на Одесской банке, площадью около 500 км<sup>2</sup>. Резко сократились запасы филлофоры.

Оседание на дно массы отмершего планктона приводит к накоплению здесь органического вещества, минерализация которого происходит с потреблением растворенного в воде кислорода. Если этот процесс протекает при хорошо выраженном слое скакча плотности и соответственно замедленном турбулентном перемешивании водных масс, вплоть до их стагнации [Бранцев и др., 1983], в придонных слоях образуется дефицит кислорода (гипоксия), а в самых крайних случаях этот газ исчезает полностью. Таков в общих чертах механизм возникновения заморов донных

и придонных организмов. Как крупномасштабные экологические явления, заморы в Черном море начались на рубеже 60-х и 70-х годов в северо-западной его части. В литературе нет указаний о заморах раньше этого периода, но, по некоторым устным высказываниям, локальные очаги заморов отмечались иногда в приустьевых районах и в предыдущие годы. Специальные работы Одесского отделения ИнБЮМ в приустьевых водах, которые систематически ведутся с 1954 г., этого не зарегистрировали.

Первый крупный замор был отмечен прибрежными наблюдениями в июле 1970 г. в районе Одессы, когда к берегу подошла масса полуживых бычков и других рыб.

В августе–сентябре 1973 г. экспедиция Одесского отделения ИнБЮМ на НИС "Миклухо-Маклай" обнаружила обширный замор между устьем Днестровского лимана и Килийским рукавом р. Дунай. Зона замора, площадью около  $3500 \text{ км}^2$ , находилась на глубинах от 6–8 до 20–23 м [Сальский, 1977]. Здесь погибли практически все организмы макрообентоса, исключая полихет, и многие донные и придонные рыбы – бычки, камбала, молодь осетровых, кефали и др.

С этого времени заморы стали повторяться ежегодно с разной интенсивностью, но при четкой тенденции к расширению площадей. В 1978 г. они наблюдались на площади  $10\,000 \text{ км}^2$ , распространившись на область филлофорного поля Зернова, западную часть Каркинитского и Егорлыцкий заливы. В настоящее время заморами, по данным советских, румынских и болгарских авторов, охвачено не менее 40% площади северо-западного шельфа Черного моря – до  $30\,000 \text{ км}^2$  [Зайцев, 1984]. Обычно гипоксия и аноксия наблюдаются на глубинах от 8–10 до 35–38 м при солености воды у дна от 14,9 до 18,6‰.

Аналогичные явления происходят в других внутренних и окраинных морях, принимающих значительный речной сток, например в Балтийском, Северном морях, в Мексиканском заливе и т.д., где эвтрофикация также вызывает повышение первичной продуктивности, вторичное загрязнение дна, возникновение гипоксии и заморов донных организмов.

В связи с изменениями экосистемы особый интерес вызывает современное состояние филлофорного поля Зернова, занимающего центральное положение на северо-западном шельфе Черного моря на глубинах 20–60 м при площади около  $15\,000 \text{ км}^2$  [Зенкевич, 1963]. Три вида красных водорослей *Phyllophora nervosa*, *Ph. brodiaci*, *Ph. membranifolia* образуют здесь общую биомассу, которая оценивалась вначале цифрой 10 млн т. Эту величину приводили С.А. Зернов [1909], Н.В. Морозова-Водяницкая [1948], Л.А. Зенкевич [1963]. Позднее стали называть менее значительную величину запасов филлофоры – 5,6 млн т [Калугина, Лачко, 1968], 1,5–2,5 млн т [Каминер, 1978], 1,4 млн т [Катуков, 1983]. Последний автор отмечает, что площадь филлофорного поля Зернова сократилась до  $3\,000 \text{ км}^2$ .

Причины сокращения запасов филлофоры в последние годы видят в резком изменении условий ее существования [Zaitsev, 1979; Зайцев, 1983а, б, в; Катуков, 1983]. Этот процесс стал заметным уже в конце 70-х годов, в частности в связи с обеднением фауны филлофоры – окрашенных в красные тона ("под филлофору") многих видов беспозвоночных и рыб.

Как образец совершенной криптической пигментации фауна филлофорного поля (или моря) аналогична фауне Саргассова моря, только там животные маскируются под плавающие в нейстали бурые водоросли рода *Sargassum* [Зайцев, 1970]. Это обстоятельство дает еще больше оснований для аналогий между филлофорным полем (морем) Зернова в Черном море и Саргассовым морем в Атлантическом океане, проведенных Н.В. Морозовой-Водяницкой, Л.А. Зенкевичем и другими исследователями.

Специальный анализ беспозвоночных и рыб района филлофорного поля Зернова провели К.А. Виноградов и В.П. Закутский [1967]. В числе животных, окрашенных в красные тона, авторы, ссылаясь на собственные и литературные данные, называют губок *Mycale syrix* и *Haliclona ascidia*, изотопу *Synisoma capito*, амфипод *Gammarus locusta*, *Caprella acantifera*, *Phatisca marina*, декапод *Crangon crangon*, *Porcellana longimanus*, *Portunus arcuatus*, иглокожих *Amphiura stepanovi*, *Synapta*, рыб "краснoperую" сельдь, "красноперую" скумбрию и др. Красную пигментацию имеют также морской налим, бычок-кнут, мелкие рыбки-прилипалы и некоторые другие виды.

Наряду с покровительственно окрашенными животными к фауне филлофоры относились многие виды беспозвоночных и рыб, имеющие другую пигментацию. В их числе наиболее массовыми были виды губок, полихет, мшанок, баланусов, амфипод, мидий и других двустворчатых моллюсков, асцидий и т.д.

Биологическую целесообразность существования специфической фауны филлофоры объясняли преимуществами, которые заросли водорослей создавали для животных: субстрат для прикрепления и откладывания икры, убежище от врагов, более высокую температуру воды [Виноградов, Закутский, 1967] и другими факторами. При этом каких-либо преимуществ для самой филлофоры от существования фауны филлофоры в литературе не отмечалось.

Исследования этой фауны в 1978–1979 гг., проведенные экспедициями на НИС "Миклухо-Маклай", обнаружили ее резкое обеднение [Zaitsev, 1979; Зайцев, 1983а]. Относительно многочисленными оказались лишь амфиподы, остальные животные встречались крайне редко. Особенно обращало на себя внимание сокращение численности массовых в недавнем прошлом губок, мидий, раков, бычков.

В мае 1984 г. один из авторов (Ю.П. Зайцев) провел исследование филлофорного поля с подводного обитаемого аппарата "Аргус", который базировался на НИС "Витязь", выполнившем экспедицию в Черном море под руководством члена-корреспондента АН СССР М.Е. Виноградова. Были обследованы два участка поля, площадью по 50 га каждый, на глубинах 30–40 м. Установлено, что скопления филлофоры очень редки и покрывают не более 1–2% поверхности дна. Обилие оседающих частиц "морского снега" (отмершего планктона и другой взвеси) сократило прозрачность морской воды и собственно уменьшило освещенность водорослей. Рыхлый слой этого осадка, наподобие "пороши", укрывал слоевища водорослей и дно. Особенно поражало отсутствие животных. Несмотря на тщательность наблюдений, на переворачивание наиболее значительных скоплений водорослей манипулятором, на "сдувание" осадка со слоевищ, на большой пройденный путь, не удалось обнаружить ни од-

нога видимого невооруженным глазом экземпляра губки, асцидий, крупной мидии, гребешка, креветки, краба. Из былой обильной ихтиофауны филлофоры замечены только два мелких экземпляра *Crenilabrus quinquemaculatus* (сем. губановых), а беспозвоночные в полученных пробах (взятых прицельно) были представлены несколькими мелкими мидиями (длина 10–15 мм), карликовыми экземплярами (5–7 мм) сердцевидки, двумя капреллидами и достаточно многочисленными экземплярами гидроида *Obelia* sp.

Объяснить современное состояние биоценоза филлофорного поля можно следующей гипотезой. Эвтрофикация спровоцировала усиленное развитие планктона (особенно фитопланктона) в северо-западной части Черного моря. Обилие взвеси уменьшило прозрачность воды и подняло горизонт компенсационной точки в районе филлофоры выше уровня дна. Эта же взвесь, оседая, укрывает водоросли от солнечного света и без того ослабленные взросшей мутностью водной толщи. Животные, населяющие заросли филлофоры, погибли в результате заморов, которые в последние годы распространились и на область филлофорного поля. Фауна филлофоры состояла в значительной мере из сестонофагов и фильтраторов (амфиоподы, полихеты, креветки, губки, мидии, баланусы и т.д.), которые потребляли оседавшую на поверхность водорослей органическую взвесь и фильтровали воду. Рыбы своими перемещениями стряхивали осадок с талломов, создавали движение воды внутри зарослей.

В настоящее время на водоросли оседает больше осадков, чем в прошлом, а потребителей этих осадков не осталось. Филлофорное поле, утратив своих гетеротрофов, перестало существовать как полноценный биоценоз, а автотрофная компонента сообщества оказалась в условиях неблагоприятных для фотосинтеза. Это объясняет прогрессирующее убывание альгомассы.

В поддержку гипотезы говорят отмеченные выше факты увеличения массы планктона, распространения зон цветения и заморных явлений на область филлофоры, визуально установленное обеднение видового состава и численности представителей фауны филлофоры, общее сокращение запасов водоросли и др. Недостает специальных исследований физиологического состояния филлофоры в разных местах обитания. Кстати, в мелководном Егорьевском заливе (глубина 2–4 м) в условиях хорошей освещенности и аэрации придонных слоев работами Одесского отделения ИнБЮМ отмечены густые скопления филлофоры с обилием животных среди ее слоевиц и прикрепленных к самой водоросли.

Если филлофора может служить примером биоценоза сильно подверженного антропогенному воздействию, наиболее глубоководное сообщество Черного моря – биоценоз фазеолинового ила – представляет собой пример наименее изменившейся части донного населения водоема. Выполненные тем же автором наблюдения с ПОА "Аргус" на глубинах 100–120 м выявили удовлетворительное состояние в этой зоне батиали. Отмечена высокая прозрачность воды, отсутствие признаков заморов, обилие организмов, составляющих основу биоценоза – моллюска *Modiolus phaeolinus*, глубоководной губки *Suberites carnosus*, пикши *Odontogadus merlangus euxinus*. Рыба была представлена особями средних и крупных (25–30 см) размеров.

Самая мелководная прибрежная зона северо-западной части Черного моря, в пределах глубин менее 5 м, испытывая влияние суши в большей степени, чем открытые воды шельфа, не подвержена заморам в такой мере, как они. Это объясняется действием волнения, которое поддерживает высокий уровень кислорода в воде, и отсутствием заметных градиентов плотности на этих глубинах.

Воды с дефицитом кислорода подходят в результате сгонных явлений. Тогда у берега можно наблюдать массу полуживых рыб, крабов, креветок, ощущать запах сероводорода и видеть проявления замора, однако такое состояние бывает непродолжительным. С прекращением сгонного ветра или началом нагонного ветра бескислородная водная масса отступает в более глубокие горизонты, где она сохраняется до сентября-октября. С наступлением осенней гомотермии турбулентное перемешивание восстанавливает содержание кислорода в придонных слоях воды до нормы и жизнь бентали возобновляется главным образом за счет поступления личинок донных организмов из прибрежной зоны. Жизнь развивается до следующего лета, когда возникает новый замор.

Для прибрежной зоны такие флюктуации численности и биомассы бентоса не характерны. Здесь встречаются высокие плотности донных организмов, в том числе и старших возрастных групп, которые практически отсутствуют в зонах, подверженных заморам.

Однако изменение качества морской среды отражается и на контурных сообществах прибрежной зоны, где отмечены случаи сокращения видового состава водорослей, беспозвоночных и рыб, антропогенных сукцессий биоценозов.

С эвтрофированием связано заселение песчаных грунтов и появление такие видов, как *Mya arenaria* на глубинах 1–2 м, где прежде был песок без примеси ила. С повышением мутности в верхней сублиторали биомасса водорослей в ценозах сокращается в несколько раз, уменьшается проективное покрытие дна макрофитами или происходит смена одного ценоза другим [Еременко, 1977]. Этим же объясняет Т.И. Еременко исчезновение в районе Одесского залива бурой водоросли цистозиры.

Сооружение берегоукрепительных конструкций (траверсов, волноломов и др.) из гладкостенных блоков приводит к качественному обеднению фауны в прибрежной зоне и снижению ее количественных показателей – плотности в 1,5, биомассы в 3,5 раза [Каминская и др., 1977].

Изменение гранулометрического состава песка в сторону уменьшения величины зерен (что происходит в результате намыва мелководного песка для расширения пляжей) ведет к резкому обеднению интERTициальной фауны [Воробьев, 1977].

Приведенные выше факты показывают, что современное антропогенное воздействие на Черное море, прослеженное в данной работе только на примере эвтрофикации (в действительности влияние хозяйственной деятельности на море более многогранно), порождает нежелательные для человека последствия. Это обеднение видового состава животных и растений, сокращение запасов полезных видов и увеличение численности менее полезных или вовсе не полезных, ухудшение условий, необходимых для развития марикультуры, для расширения зон массового отдыха и т.д.

Эти изменения в экосистеме представляют собой ее реакцию на воздействие сухи, точнее тех  $1\,864\,000 \text{ км}^2$  водосборной площади, откуда в Черное море поступают материальные следы практической деятельности людей. Такие же сдвиги произошли и происходят в других морских водоемах, которые находятся в сходных условиях.

Естественно, возникает вопрос, что будет дальше? Что можно ожидать еще через 15–20 лет, если за прошедшие полтора-два десятилетия произошло столько изменений в экосистеме?

Очевидно, при условии продолжения эвтрофицирующего влияния сухи получают дальнейшее развитие и распространение те явления, которые были описаны выше. При этом, как показано Л.П. Брагинским [1983] на примере каскада днепровских водохранилищ, реализация активных средств борьбы с происходящим цветением воды в водохранилищах принципиально невозможна. Использование в широких масштабах каких бы то ни было технических средств упирается в закон сохранения энергии и необходимость экономически неприемлемых энергозатрат. Поскольку к цветению воды в северо-западной части Черного моря имеют отношение не только Днепр, но также Днестр и Дунай, это заключение выглядит тем более обоснованным.

Вместе с тем экологическое будущее рассматриваемой акватории отнюдь не представляется безнадежным. Большие надежды связываются, в частности, с развитием малоотходных и безотходных технологий в пределах водосборного бассейна Черного и Азовского морей, предусмотренными действующими в нашей стране руководящими документами об охране окружающей среды и природных ресурсов. Достигнуты обнадеживающие успехи в разработке научных основ ограничения эвтрофикации рек и водохранилищ, что в состоянии привести к сокращению органического и минерального стока в море и, следовательно, к снижению антропогенного влияния на морские экосистемы.

Практической реализацией исследования в области контурных сообществ как одного из разделов гидробиологии активных поверхностей моря [Zaitsev, 1980; Зайцев, 1983в] явилось сооружение искусственных рифов [Зайцев, Яценко, 1983]. Эти гидротехнические конструкции, воссоздающие то сочетание физико-химико-гидродинамических условий, которые стимулируют развитие околограницых явлений в водоемах [Хайлов, 1982], показали себя с наилучшей стороны. В первом из построенных искусственных рифов близ г. Одессы через 4 года после завершения строительства биомасса водорослей увеличилась с  $20\text{--}40 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$  до  $600\text{--}1200 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ , численность видов макрообентоса с  $0,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$  до  $8,0 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$ . Спустя 3 года на этом рифе были обнаружены еще 6 видов макрообентоса.

Приведенный пример направленного усиления околограницной концентрации жизни показывает, что берегозащитное строительство может стать эффективным фактором биологической мелиорации прибрежной зоны моря.

## ЛИТЕРАТУРА

- Алмазов А.М. Гидрохимия устьевых областей рек // Киев: Изд-во АН УССР, 1962. 253 с.
- Алмазов А.М. Гидрохимический очерк // Биология северо-западной части Черного моря. Киев: Наук. думка, 1967. С. 32–43.
- Брагинский Л.П. "Цветение" воды в водохранилищах как проявление фундаментальных законов природы // Антропогенное эвтрофирование природных вод: Тез. докл. на Третьем Всесоюз. симп. Москва, сент. 1983. Черноголовка, 1983. С. 14–16.
- Брянцев В.А., Фащук Д.Я., Себаж Л.К. Причины интенсификации и перспективы развития черноморских заморов // Там же. С. 240–242.
- Виноградов К.А. Іхтіофауна північно-західної частини Чорного моря. Київ: Ізд-во АН УССР, 1960. 116 с.
- Виноградов К.А., Закутский В.П. Філлофорне поле Зернова // Биологія северо-западної частини Чорного моря. Київ: Наук. думка, 1967. С. 158–176.
- Виноградов М.Е., Гринберг В.М. 64-й рейс НІС "Витязь". Изучение экосистем пелагиали Черного моря // Океанология. 1979. Т. 19, № 2. С. 348–352.
- Воробьева Л.В. Изучение интерстициальной майофауны // Биология моря. Киев, 1977. № 43. С. 64–68.
- Гомою М.Т., Куприянов С.С. Оценка численности и распределения медуз Aurelia aurita в восточной части Черного моря // Экосистемы пелагиали Черного моря. М.: Наука, 1980. С. 191–199.
- Еременко Т.И. Сукцессии фитобентоса северо-западного побережья Черного моря // Биология моря. Киев, 1977. № 43. С. 45–54.
- Зайцев Ю.П. Морская нейстоноология. Киев: Наук. думка, 1970. 264 с.
- Зайцев Ю.П. Северо-западная часть Черного моря как объект современных гидробиологических исследований // Биология моря. Киев, 1977. № 43. С. 3–7.
- Зайцев Ю.П. Краткие результаты исследований по проекту № 10 "Влияние основных видов инженерно-технических работ на окружающую среду" Национальной программы Украинской ССР "Человек и биосфера" в 1974–1982 гг. // Человек и биосфера: Ученые Украинской ССР в реализации программы ЮНЕСКО. Киев: Наук. думка, 1983а. С. 103–123.
- Зайцев Ю.П. Влияние антропогенных факторов на биологию северо-западного шельфа Черного моря // Системный анализ и моделирование процессов на шельфе Черного моря. Севастополь: МГИ АН УССР, 1983б. С. 19–28.
- Зайцев Ю.П. Контуробионты в мониторинге океана (МОНОК) // Тез. докл. Первого междунар. симп. Таллин, 2–10 октября 1983. М.: Гидрометеоиздат, 1983в. С. 25.
- Зайцев Ю.П. Влияние водохозяйственного комплекса Дунай–Днепр на гидробиологический режим и биопродуктивность северо-западной части Черного моря // Экологические проблемы межбассейновых перебросок стока (на примере водохозяйственного комплекса Дунай–Днепр). Киев: Наук. думка, 1984. С. 178–191.
- Зайцев Ю.П., Яценко В.А. Экологические аспекты гидротехнического строительства в прибрежной зоне моря // Биология моря. Киев, 1983. № 5. С. 62–66.
- Зелезінська Л.М. Про размноження пелагофільних риб в Придніпровському районі північно-західної частини Чорного моря // Наукові записки Одеськ. біол. станції. Київ: Ізд-во АН УРСР, 1961. Вип. 3. С. 60–64.
- Зенкевич Л.А. Биология морей СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 739 с.
- Зернов С.А. Fauna філлофори (Algae, Rhodophyceae) філлофорне поле в северо-западной части Черного моря // Ежегодник Зоол. музея АН СПб. 1909. Т. 13. С. 3–4.
- Иванов А.И. Фитопланктон // Биология северо-западной части Черного моря. Киев: Наук. думка, 1967. С. 59–75.
- Калугина А.А., Лачко О.А. Состояние запасов и распределение філлофори в районе філлофорного поля Зернова // Тр. АзЧерНИРО. 1968. Вып. 27. С. 121–127.
- Каминер К.М. Черноморская філлофора в условиях антропогенного воздействия // Тез. докл. II Всесоюз. конф. по биологии шельфа. Севастополь, 1978. Киев: Наук. думка, 1978. Ч. 1. С. 50–51.
- Каминская Л.Д., Алексеев Р.П., Иванова Е.В., Синегуб И.А. Донная фауна прибрежной зоны Одесского залива и прилегающих районов в условиях гидростроительства // Биология моря. Киев, 1977. № 43. С. 54–64.

*Катуков В.А.* Филлофорное поле как индикатор состояния экосистемы // Системный анализ и моделирование процессов на шельфе Черного моря. Севастополь, 1983. С. 140–147.

*Коваль Л.Г.* Зоо- и некрозоопланктон Черного моря. Киев: Наук. думка, 1984. 128 с.

*Морозова-Водяницкая Н.В.* Филлофорное поле Зернова и причины его возникновения // Сборник памяти академика Зернова. М., 1948. С. 39–45.

*Настенко Е.В.* Формирование планктонных комплексов предуставьевых акваторий северо-западной части Черного моря в условиях влияния антропогенных факторов // Тез. докл. II Всесоюз. конф. по биологии шельфа. Севастополь, 1978 г. Киев: Наук. думка, 1978. Ч. 1. С. 70–71.

*Нестерова Д.А.* Изменения структуры и динамики развития фитопланктона северо-западной части Черного моря под влиянием эвтрофирования // Антропогенное эвтрофирование природных вод: Тез. докл. на Третьем Всесоюз. симпоз. Москва, сент. 1983. Черноголовка, 1983. С. 237–238.

*Пицык Г.К.* О количестве, составе и распределении фитопланктона в Черном море // Тр. АзчерНИРО. 1954. Вып. 28. С. 224–238.

*Полищук Л.Н.* Новые данные о распределении гипонейстонных раков сем. Ropatellidae в северо-западной части Черного моря // Биология моря. Киев, 1977. Вып. 43. С. 23–25.

*Полищук Л.Н., Настенко Е.В., Александров Б.Г., Трофанчук Г.М.* Влияние эвтрофирования на структуру пелагического и нейстонного зооценозов Черного моря // Антропогенное эвтрофирование природных вод: Тез. докл. на Третьем Всесоюз. симпоз. Москва, сент. 1983. Черноголовка, 1983. С. 233–235.

*Сальский В.А.* О массовых заморах мидий в северо-западной части Черного моря // Биология моря. Киев, 1977. № 43. С. 33–38.

*Хайлов К.М.* Околограницочные явления в водоемах и перспективы их использования в биотехнологии // Экология. 1982. № 6. С. 3–9.

*Bodeanu N., Usurelu M.* Dinoflagellate blooms in romanian Black Sea coastal waters // Toxic dinoflagellate blooms. N.Y., 1978. P. 154–151.

*Petraru A.* Quelques considérations sur la structure des populations du littoral roumain de la Mer Noire (Zone à petite profondeur) // Rapp. et proc.-verb. reun. Commiss. int. explor. sci. mer. Méditerr. Monaco. 1977. Vol. 24, N 10. P. 151–154.

*Porumb F.* Développement du zooplancton dans le sonditions d'éutrophisation des caux du littoral roumain de la Mer Noire // 5<sup>es</sup> journées étud. pollut. Mer Méditerr., Cagliari, 9–13 oct. 1980. Monaco, 1981. P. 881–886.

*Zaitsev Yu.P.* Problèmes biologiques de la partie nord-ouest de la Mer Noire // Cerc. mar. 1979. N 12. P. 7–32.

*Zaitsev Yu.P.* Contour communities of seas and oceans // Trav. Mus. hist. natur. "Gr. Antipa". 1980. Vol. 22. P. 421–426.