

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ
РАЗВИТИЕМ РЕКРЕАЦИОННЫХ СИСТЕМ

№ 5805-В87

УДК 574.582:574:546.221(262.5)

Островская Н.А., Ковалева Т.М.,
Скрябин В.А., Билева О.К.

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ДИНАМИКИ ВОД НА ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАНКТОНА В ПОГРАНИЧНОЙ СЕРОВОДОРОДНОЙ ЗОНЕ В ЧЕРНОМ МОРЕ В РАННЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Исследования распределения планктона в пограничной сероводородной зоне, выполненные в июне 1986 года в 34-м рейсе нис "Академик Вернадский" (черноморский этап), проводились в соответствии с планом экспедиционных работ МГИ АН УССР по межведомственной программе по проекту "Черное море" и плановой темой ИнБЮМ АН УССР "Изучение биологии Черного моря в условиях антропогенного воздействия с целью совершенствования технологии рационального использования и охраны его ресурсов". Они явились продолжением и углублением исследований, проведенных в октябре 1985 года в 44-м рейсе нис "Михаил Ломоносов" [12], связанных с изучением влияния пограничной сероводородной зоны - её толщины и глубины залегания, на распределение планктона вблизи неё.

Целью настоящей работы было выяснение возможности существования и выживаемости планктонных организмов и их количественного распределения в переходной сероводородной зоне в зависимости от динамики вод.

Материалы и методы

Материалы по вертикальному распределению планктона в переходной сероводородной зоне получены в западной, центральной и восточной глубоководных частях моря на II станциях: фитопланктон исследован на 10 станциях с 48 горизонтов,

микрзоопланктон - на 11 станциях с 62 горизонтов, мезозоопланктон - на 8 станциях из 33 слоев (толщиной от 2 до 12 м), расположенных в слое сосуществования кислорода и сероводорода или вблизи него. Наиболее полно материалы получены на 6 станциях.

Отбор проб воды для учёта фито- и микрзоопланктона производился с помощью 8 или 10-ти литровых батометров проточного типа. Одновременно отбирались пробы воды на определение пигментов фитопланктона [1] и учёт бактериопланктона. Сбор мезозоопланктона из пограничных слоев осуществлялся малой сетью Джеди (диаметр входного отверстия 38 см), оборудованной газом №9.

При сборе материала ориентировались на глубину залегания верхней границы сероводородной зоны. Глубину её залегания предварительно находили по наличию запаха сероводорода в батометрических пробах воды с точностью до 5-10 метров. Более точные определения положения границ слоя сосуществования кислорода и сероводорода проводились гидрохимиками МГИ АН СССР аналитическими методами [7]. По сравнению с ними используемый нами экспресс-метод показывал большую глубину положения верхней границы сероводородной зоны на 6 - 20 м (в среднем на 13 м).

Количественный учёт фитопланктона в батометрических пробах проводили по методике описанной в [12]. Сгущали пробы воды (1,5-2 л) с использованием нуклеопоровых фильтров с диаметром пор 0,46 мкм. Микрзоопланктон учитывался по методике [3]. Сгущали 3-5 л воды. Использовали фильтры СИНПОР с диаметром пор 2,5 мкм. Учитывались группы: мелкие инфузории, тинтиниды, науплиусы, копеподиты и "прочие". Просматривались также негущенные пробы воды 5-10 мл для учёта мелких инфузорий без домиков, которые при фильтрации большей частью лопаются. При количественной оценке суммарной биомассы микрзоопланктона исходили из средних масс представителей разных групп, принятых в [8,13]: мелкие инфузории - 10^{-5} мг, тинтиниды - $5 \cdot 10^{-5}$ мг, науплиусы - $3 \cdot 10^{-4}$ мг, копеподиты - $3 \cdot 10^{-3}$ мг на экземпляр.

Сетные пробы зоопланктона сгущали с помощью груши, затянутой газом №9, до объема 60-70 мл, затем добавляли 20-

30 мл раствора нейтрального красителя для прижизненной окраски организмов и спустя 5-10 минут фиксировали формалином. Камеральная обработка проб проведена в береговых условиях О.К.Билевой.

При количественной оценке численности и биомассы мезозоопланктона в сетных пробах учитывались организмы, у которых наибольший диаметр поперечного сечения тела был не менее 110-120 мкм [10] - диаметра пор мельничного сита М49. К таким организмам были отнесены: *Calanus helgolandicus*, начиная с науплиусов V стадий, *Pseudocalanus elongatus*, *Acartia clausi* и *Centropages ponticus*, начиная с копеподитов III стадии, *Paracalanus parvus*, *Oithona similis*, начиная с копеподитов IV стадии, и взрослые особи *Oithona nana*. Биомассы рассчитывались на основе средних весов организмов по Т.С.Петипа [10]. Отдельно учитывалась численность разрушенных организмов, ещё сохранивших видовые признаки. Соотношение численностей живых и мертвых особей в пограничном сероводородном слое получено на основе учёта числа окрашенных и неокрашенных целых организмов в пробах для одной станции. О динамике вод в исследованных районах моря судили на основании первичной информации о вертикальном распределении температуры, солености и плотности воды, полученных гидрологами с помощью зондирующего комплекса МГИ-4102 и ЭВМ ЕС-1033 и их заключений о гидрологической обстановке в исследуемый период в море [14].

Результаты и обсуждение

Фитопланктон. В слое сосуществования кислорода и сероводорода в исследованных районах моря (рис.1) в фитопланктоне зарегистрированы 54 вида водорослей. Из них 31 вид относился к отделу Pyrrophyta, 12 - к отделу Chrysophyta, 1 - к отделу Cyanophyta (табл.1). Зарегистрирована также многочисленная группа мелких жгутиковых. Наибольшее видовое разнообразие наблюдалось среди пиррофитовых водорослей, относящихся в основном к классу Peridinea. Среди диатомовых (Bacillariophyta) доминировали виды, относящиеся к классу Pennatea. Из золотистых (Chrysophyta) были представители, относящиеся исключительно к классу Chrysomonadin.

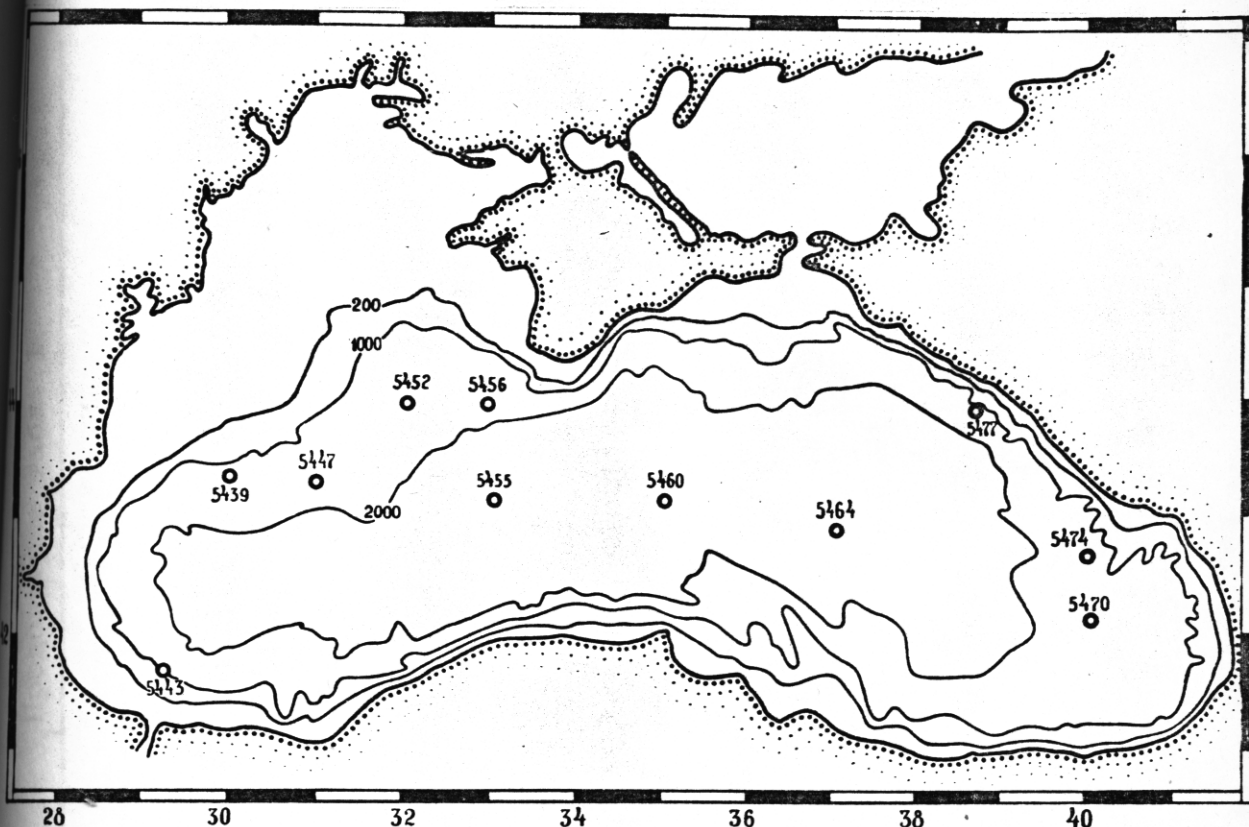


Рис. I. Исследования вертикального распределения планктона в пограничном сероводородном слое в июне 1986 г. в 34-м рейсе НИС "Академик Вернадский"

Таблица I

Список видов фитопланктона, обнаруженных в слое сосуществования кислорода и сероводорода в Черном море в июне 1986 г.

№ п/п	Отдел, вид
<u>Pyrrophyta</u>	
1.	<i>Hillea fusiformis</i> Schill.
2.	<i>Exuviaella cordata</i> Ostr.
3.	<i>Exuviaella marina</i> Cienk.
4.	<i>Exuviaella</i> sp.
5.	<i>Prorocentrum micans</i> Ehr.
6.	<i>Amphidinium klebsi</i> Kof. et Sw.
7.	<i>Amphidinium</i> sp.
8.	<i>Gymnodinium kowalevskii</i> Pitz.
9.	<i>Gymnodinium wulfii</i> Schill.
10.	<i>Gymnodinium najadeum</i> Schill.
11.	<i>Gymnodinium variabile</i> C.E.Herdm.
12.	<i>Gymnodinium</i> sp.

№ п/п	Отдел, вид	№ п/п	Отдел, вид
13.	Gyrodinium sp.	33.	Thalassiosira sp.
14.	Cochlodinium sp.	34.	Rhizosolenia alata Brightw.
15.	Achrodina pulchra Schill.	35.	Rhizosolenia calcar avis Schultze
16.	Glenodinium lenticula (Bergh.) Schill.	36.	Chaetoceros sp.
17.	Glenodinium paululum Lind.	37.	Cerataulina bergonii Perag.
18.	Glenodinium sp.	38.	Synedra sp.
19.	Peridinium minusculum Pav.	39.	Thalassionema nitzschioides Grun.
20.	Peridinium steinii Jürg.	40.	Navicula sp.
21.	Peridinium trochoideum (Stein.) Lemm.	41.	Nitzschia closterium Rabenh.
22.	Peridinium sp.	42.	Nitzschia delicatissima Cl.
23.	Goniaulax minima Matz.	43.	Nitzschia seriata Cl.
24.	Goniaulax spinifera (Clap.et Lachm.) Diesing.		<u>Chrysophyta</u>
25.	Goniaulax sp.	44.	Acanthoica quatrospina Lohm.
26.	Ceratium furca (Ehr.) Clap.et Lachm.	45.	Acanthoica sp.
27.	Ceratium fusus (Ehr.) Dujard.	46.	Calyptrorphaera oblonga Lohm.
28.	Ceratium tripos (O.F.Mull.)	47.	Coccolithus huxleyi (Lohm.) Kamp.
29.	Brachydinium capitatum Taylor.	48.	Coccolithus sp.
30.	Pyrocystis lunula Schütt.	49.	Rhabdosphaera hispida Lohm.
31.	Peridinea sp.	50.	Rhabdosphaera sp.
	<u>Bacillariophyta</u>	51.	Syracosphaera dentata Lohm.
32.	Skeletonema costatum (Grev.) Cl.	52.	Syracosphaera sp.
		53.	Calyptrorphaera sp.

Chrysomonadineae (кокколитофориды). Указанные виды (табл.1) относятся к характерным видам фитопланктона для Чёрного моря. Однако в западной половине моря кроме того были также зарегистрированы типично средиземноморские формы (*Oxytoxum variabile*, *Oxytoxum* sp.), присутствие которых отмечалось ранее [2] лишь в эвфотической зоне в Прибосфорском районе. Сравнение с видовым составом фитопланктона в переходной сероводородной зоне в осенний период (44 вида) [12] показывает, что летом он был богаче.

Вертикальное распределение численности и биомассы фитопланктона в пограничном сероводородном слое было неравномерным (табл.2): максимумы величин этих показателей находились внутри слоя или на его границах. Их величины по акватории моря изменялись от 7900 до 272300 кл.л⁻¹ и от 1,98 до 17,44 мг.м⁻³. По частоте встречаемости и количественным показателям среди водорослей доминировали виды: *Gymnodinium* sp., *Euxyiaella cordata*, *Nitzschia delicatissima*, *Coccolithus huxleyi*. Объемы клеток водорослей изменялись от 40 до 400 мкм³ (средний 200 мкм³).

В направлении от западных районов к восточным суммарная биомасса водорослей снижалась (табл.2). При этом возрастала численность за счёт мелких водорослей - синезелёных и мелких жгутиковых.

В максимумах вертикального распределения численности фитопланктона в переходном слое синезелёные доминировали на периферии западной (ст.5439, ст.5452) и восточной (ст.5474) глубоководных частей, но особенно - в центральных районах моря (ст.5455, 5460).

В максимумах суммарной биомассы их роль была незначительной и в основном не превышала 11%. Исключение составляли две станции (5460 и 5474), где их доля возрастала до 64-95% (табл.3). В остальных случаях основную долю в суммарной биомассе составляли перидиниевые и диатомовые водоросли.

В целом, количество фитопланктона в переходном сероводородном слое в ранне-летний период было меньшим, чем осенью 1985 года [12] : средние численность (12 тыс.кл.л⁻¹) и биомасса (3,0 мг.м⁻³) отличались от осенних примерно в полтора-два раза.

Таблица 2

Распределение численности (Кл. Л⁻¹) и биомассы (Мг. М⁻³) фитопланктона в слое сосуществования кислорода и сероводорода в Черном море в июне 1986 г.

№ станции: Дата, границы слоя сосуществования, х м	Горизонт, м	Численность	Биомасса
1	2	3	4
<u>5439</u> , 16.VI Верхняя граница-120м	I07	18584	15,80
	II2	5284	7,73
	II6	16268	5,08
	I40	23014	6,05
	I40	3970	3,29
<u>5443</u> , 17.VI 150-200	I45	10246	5,83
	I50	7904	2,93
	I55	6594	1,68
	I65	9435	1,84
	I40	2500	0,62
<u>5447</u> , 18.VI 150-170	I45	3075	0,80
	I50	7900	2,36
	I60	7020	2,14
	I68	3320	0,58
	I86	1212	0,15
	I02	15205	10,69
<u>5452</u> , 19.VI II0-I60	II2	3951	2,11
	I20	5700	0,40
	230	450	0,02
	II2	14300	1,81
<u>5455</u> , 20.VI II0-I60	I20	10550	17,44
	I30	12000	4,43
	I40	24000	1,38
	I60	2100	1,10

х Границы слоя сосуществования кислорода и сероводорода здесь и далее указаны по данным гидрохимиков МГИ АН УССР [7].

продолжение табл.2

I	2	3	4
5456, 20.VI	II6	5400	I,06
I20-I60	I25	I0020	I,88
	I30	2300	2,4I
	I50	2700	I,42
	I60	3200	0,15
	I68	I200	0,30
5460, 23.VI	I40 ^x	272300	I2,72
I20-I60			
5464, 24.VI	93	6300	I,04
90-I20	98	3700	0,34
	I02	I5700	I0,60
	I07	3500	0,45
	II2	4I00	5,0I
	II6	8200	0,82
	I2I	2I50	0,15
5470, 26.VI	I40	7400	0,70
I40-I60	I44	I0050	I,10
	I49	II00	I,98
5474, 29.VI	I40	I8300	I,67
I30-I70	I45	9400	2,78
	I50	I84I5	2,66
	I55	I4750	I,08
	I60	II2I5	I,83
	I65	I58600	6,65
	I70	II400	2,65

x - на ст.5460 отбор проб фитопланктона производили только на горизонте I40 м.

Таблица 3

Соотношение основных групп водорослей в суммарной численности (1) и биомассе (2) фитопланктона в максимумах их вертикального распределения в слое сосуществования кислорода и сероводорода, %.

№ ст. Группы водорослей	5439		5443		5447		5452		5455	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Перидиниевые	13,1	52,2	14,4	36,2	13,9	41,1	3,5	7,5	0	93,5
Диатомовые	7,3	5,1	18,8	44,4	55,6	37,3	7,0	20,0	2,1	4,1
Золотистые	20,8	15,7	20,2	9,6	20,3	20,3	3,5	2,5	14,6	0
Синезелёные	32,4	8,3	7,8	2,7	0	0	24,5	12,5	75,0	0,6
Мелкие жгутиковые	26,4	18,7	38,8	7,1	10,0	1,3	61,5	57,5	8,3	1,8

	5456		5460		5464		5470		5474	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Перидиниевые	2,0	47,0	0	0	2,5	10,1	6,4	84,8	1,0	3,6
Диатомовые	40,0	0	1,3	18,9	24,2	82,5	17,0	15,2	0,1	0,6
Золотистые	6,6	51,9	1,0	17,1	0	0	0	0	0,4	0,9
Синезелёные	21,9	0	95,9	61,6	15,3	0,7	0	0	55,9	31,8
Мелкие жгутиковые	29,1	0,8	1,8	2,4	58,0	6,7	76,6	0	42,6	63,1

По внешнему виду клетки, как правило, были в плохом физиологическом состоянии (75-90%), хроматофоры у многих были полностью или частично обесцвечены. С увеличением глубины доля клеток с полностью разрушенными хроматофорами достигала 100%. Водоросли, сохранившие подвижность, двигались со значительно меньшими скоростями, чем в условиях их нормального существования. Эти наблюдения свидетельствовали о том, что водоросли не фотосинтезировали и постепенно отмирали. Определения пигментов в фитопланктоне во фракции более 2,5 мкм показали, что их количества в переходной зоне были низки и они были в основном в форме феофитина (70-85%) [1]. Кроме того, авторы указанной работы установили, что в учитываемой нами мелкой фракции фитопланктона (0,4-2,5 мкм) присутствовал только хлорофилл "в". По мнению авторов, это также свидетельствует об отмирании клеток фитопланктона в указанной зоне и, кроме того, о большей фотохимической стабильности вспомогательного пигмента по сравнению с основным [1]. Не исключено однако, что существование некоторых видов водорослей обеспечивалось за счет миксотрофного и гетеротрофного питания.

Таким образом, вышеизложенное позволяет заключить, что пребывание большинства растительных клеток, попавших в переходный сероводородный слой, приводит их там к неминуемой гибели.

Микрзоопланктон. Таксономический состав микрзоопланктона в пограничном сероводородном слое в июне месяце был характерным для летнего сезона. Из безраковинных инфузорий в основном встречались *Strombidium* sp. и представители семейства *Spirostomidae*. Среди тинтинид из крупных форм встречалась *Favella ehrenbergi*, из мелких - *Metasilis mediterranea*. Реже встречались *Coxiella helix*, *Tintinnopsis campanula*, *Helicostomella subulata*.

В соответствии с видовой принадлежностью молоди копепод, установленной по сетным ловам из переходной зоны, в батометрических пробах среди молоди копепод в основном были, по-видимому, науплиусы и копеподиты *O. nana*, *O. similis*, *A. clausi*, *P. parvus* *P. elongatus*.

Среди прочих встречались личинки брюхоногих и пластинчато-

каберных моллюсков и аппендикулярий *Oicopleura dioica*. При камеральной обработке проб все животные обладали подвижностью.

Вертикальное распределение численности и биомассы микрозоопланктона в пограничной сероводородной зоне отражено в табл.4. Основную долю в суммарной численности и биомассе составляли науплиусы и копеподиты. Максимум численности микрозоопланктона в слое сосуществования сероводорода и кислорода в большинстве случаев был расположен ближе к верхней его границе. В пределах исследованных районов численность и биомасса микрозоопланктона в максимумах их вертикального распределения в пограничном слое изменялись от 0,6 до 3,6 тыс.экз. м^{-3} и от 0,13 до 7,51 мг. м^{-3} соответственно. Средняя максимальная суммарная численность составляла 1,87 тыс.экз. м^{-3} , в ней ракообразные составляли 84%, простейшие - 15%. В прилежащих к максимуму численности слоях средняя суммарная численность микрозоопланктона (0,32 тыс.экз. м^{-3}) была достоверно ($\alpha = 0.01$) ниже примерно в шесть раз. В этих смежных слоях доля простейших (19%) и ракообразных (78%) в суммарной численности микрозоопланктона оставались примерно такими же.

Наличие максимума численности микрозоопланктона вблизи верхней границы сероводородной зоны, показывает, что животные реагируют на химический градиент среды, избегая сероводородное заражение. Сохранение подвижности животных, извлеченных из пограничной сероводородной зоны (либо возобновление её), свидетельствует об их способности к восстановлению жизнедеятельности при улучшении газового режима среды, с одной стороны, и с другой - об их относительно недавнем заносе в сероводородную зону из вышележащих слоев. Суммируя сказанное можно предположить, что глубинный пик численности микрозоопланктона, расположенный в переходной сероводородной зоне, имеет квазистационарный характер.

По материалам шести комплексных станций средние для переходного слоя биомассы микрозоопланктона в разных районах изменялись от 0,16 до 1,21 мг. м^{-3} . При этом биомасса его в районах опускания вод (ст.5443, 5447, 5474) в среднем была

Таблица 4

Вертикальное распределение микрозоопланктона в переходной сероводородной зоне в Чёрном море в июле 1986 года
(численность в экз.л⁻¹, биомасса в мг.м⁻³)

станция, положе- ние гра- ниц слоя со- существо- вания X	гори- зонт, м	безра- ковин- ные ин- фузории	Тинтин- ниды	Науп- лиусы	копе- поди- ты	Про- чие	Сумма рная числен- ность	Сумм- арная био- масса без прочих"
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5439	I07	5,0	7,00	4,00	1,00	1,0	18,00	4,600
120 м-вер- хняя гра- ница	II2	3,5	2,00	3,50	0,50	0,5	10,00	2,685
	II6	0	0	0	0	0	0	0
	I40	0	0	0,50	0	0	0,50	0,150
5443	I40	0	0	0,50	0	0	0,50	0,150
150-200	I45	0	0,33	0,67	0	0	1,00	0,218
	I50	0	1,50	1,50	0,50	0	3,50	2,025
	I55	0	0	0,33	0	0	0,33	0,100
	I65	0	0	0,50	0,50	0	1,00	1,650
	I70	0	0	0	0,20	0,2	0,40	0,006
5447	I40	0	0	0	0,20	0	0,20	0,600
150-170	I45	0	0	0	0,20	0	0,20	0,600
	I50	0	0,20	0,40	0	0	0,60	0,130
	I60	0	0	0,20	0	0	0,20	0,060
	I70	0	0	0	0,20	0	0,20	0,600
	I02	0	0	0	0,40	0,2	0,60	1,200
5452	II2	0	0	0,40	0	0	0,40	0,120
110-160	I20	0	0,20	1,00	2,40	0	3,60	7,510
	I40	0	0	0,25	0,25	0	0,50	0,825
	93	0	0	0,25	0	0	0,25	0,075
5455	II2	0	0	0	0	0	0	0
110-160	I20	0	0	1,50	0	0	1,50	0,450
	I30	0	0	0	0	0	0	0
	I40	0	0	0	0	0	0	0
	I60	0	0	0	0	0	0	0

X Границы слоя сосуществования кислорода и сероводорода
здесь и далее указаны по данным гидрохимиков МГИ АН УССР

I	2	3	4	5	6	7	8	9
5456	II6	0	0	0,20	0	0	0,20	0,060
120-160	I20	0	0	0,40	0	0	0,40	0,120
	I25	0,2	0,20	1,00	0,40	0,2	2,00	1,512
	I30	0	0	0,20	0	0	0,20	0,060
	I40	0	0	0	0	0	0	0
	I50	0	0	0	0,20	0	0,20	0,600
5460	II2	0	0,60	1,00	0	0	1,60	0,330
120-160	I20	0	0,80	0,80	0,60	0	2,20	2,080
	I30	0	0,20	0,20	0	0	0,40	0,070
	I40	0	0	1,50	2,00	0	3,50	6,450
	I50	0	0	0,20	0	0	0,20	0,060
5464	93	0	0	0	0	0	0	0
90-120	98	0	0,60	0,20	0,20	0	1,00	0,690
	I02	0	0	0,80	0	0	0,80	0,240
	I07	0	0,20	0	0	0	0,20	0,010
	II2	0	0	0	0	0	0	0
	II6	0	0	0	0	0	0	0
	I2I	0	0	0	0	0,20	0,20	0
5470	I30	0	0	0	0	0	0	0
140-160	I35	0	0	0,20	0	0	0,20	0,060
	I40	0	0	1,200	0,20	0,20	1,60	0,960
	I45	0	0	0,20	0	0	0,20	0,060
	I50	0	0	0	0	0	0	0
	I55	0	0	0	0	0	0	0
	I60	0	0	0	0	0	0	0
5474	I40	0	0	0,60	1,40	0,20	2,20	4,380
130-170	I45	0	0	0,80	0	0,60	1,40	0,240
	I50	0	0	0	0,40	0	0,40	1,200
	I55	0	0	0,60	0,20	0	0,80	0,780
	I60	0	0	0,20	0,20	0	0,40	0,660
	I65	0	0	0	0	0	0	0
	I70	0	0	0,40	0,20	0	0,60	0,720
5474	I30	0	0	0,80	0,60	0	1,40	2,040
160-190	I35	0	0	0,20	0,20	0	0,40	0,660
	I40	0	0	0,60	0,20	0	0,80	0,780
	I60	0	0	0	0	0	0	0

в три раза выше ($0,8 \text{ мг.м}^{-3}$), чем в районах подъема вод (ст. 5464, 5456, 5470).

Мезозоопланктон в переходном сероводородном слое был в основном представлен ракообразными. Наибольшая частота встречаемости зарегистрирована для *O. nana* и *O. similis*

Они присутствовали в указанном слое во всех районах моря. Частота встречаемости рачков других видов снижалась в следующем порядке: *P. elongatus*, *A. clausi*, *P. parvus*, *C. helgolandicus*, *C. ponticus*. *C. helgolandicus* зарегистрирован в основном в западной части моря, причем взрослые особи встречались лишь у верхней границы слоя. *C. ponticus* отмечен в одном случае - в слое 172-168 м, прилегающем к нижней границе переходного слоя, в юго-восточной части моря на ст. 5474. Частота встречаемости прочих представителей мезозоопланктона снижалась в следующем порядке: клadoцеры, двусторчатые моллюски, личинки полихет и сагитты. К наиболее редким по встречаемости относились науплиусы усоногих ракообразных, личинки декапод и гастропод. Исключая *C. helgolandicus* копеподы были представлены всеми возрастными стадиями.

Вертикальное распределение численности и биомассы мезозоопланктона (его целых форм) было неравномерным (табл.5). Максимумы численности и биомассы находились внутри слоя или на его границах и не всегда совпадали между собой. По нашим материалам их величины изменялись от 5 до 172 экз. м^{-3} и от 0,03 до 2,1 мг.м^{-3} соответственно. Величины средних для переходного слоя биомасс мезозоопланктона изменялись в более узких пределах (0,03-0,46 мг.м^{-3}). В целом её величина была примерно в три раза ниже ($0,17 \text{ мг.м}^{-3}$), чем средняя из максимальных (0,55 мг.м^{-3}). Влияние динамики вод отражалась на величинах биомасс мезозоопланктона в переходном слое в разных районах. В районах опускания вод, вдоль основного черноморского потока (ст.5443,5474) и на периферии циклонических круговоротов (ст.5447), средняя биомасса мезозоопланктона ($0,4 \text{ мг.м}^{-3}$) была примерно на порядок выше, чем в районах подъема вод, в центре циклонического (ст. 5464) и на периферии антициклонического круговоротов (ст. 5456, 5470).

Применение нейтральных красителей для оценки живой фракции показывает (табл.5 и 6), что среди целых форм, обычно иден-

Таблица 5

Вертикальное распределение целых и разрушенных мезозоопланктонных форм в пограничной серо-водородной зоне и вблизи неё в разных районах Чёрного моря в июне 1936 года. (Ч-численность, экз.м⁻³; Б-биомасса, мг.м⁻³).

Станция, Границы пе- реходного слоя ^х , м	Слой, м	Целые формы						Разрушенные формы			Процент разрушен- ных форм в общей чис- ленности
		копеподы		прочие		Σ		копеподы	Прочие	Σ	
		Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Ч	Ч	
I	2	3		4		5		6	7	8	9
5439	I26-II8	15,49	0,757	0	0	15,49	0,757	1,29	0	1,29	8
Верхняя граница-I20	I37-I35	10,00	0,072	0,71	0,014	10,71	0,086	7,86	0	7,86	42
5443	I68-I56	11,29	0,337	1,29	0,008	12,58	0,345	9,43	0,29	9,72	43
I50-200											
5447	I49-I26	6,44	0,297	0,17	0,001	6,61	0,298	2,73	0	2,73	29
I50-I70	I59-I49	36,81	0,606	5,07	0,045	41,88	0,651	24,68	0,21	24,89	37
	I63-I59	7,66	0,093	4,68	0,052	12,34	0,145	5,11	0	5,11	29
	208-I70	1,70	0,020	0,80	0,009	2,50	0,029	1,85	0	1,85	43
5456	I21-II6	3,86	0,057	1,29	0,025	5,15	0,081	0,43	0	0,43	8
I20-I60	I26-I21	0,43	0,002	1,72	0,029	2,15	0,031	0	0	0	0
	I30-I26	2,58	0,012	3,00	0,017	5,58	0,029	0,86	0	0,86	13
	I40-I30	0,65	0,003	0	0	0,65	0,003	0	0	0	0
	I49-I40	2,37	0,039	0,65	0,007	3,07	0,046	0,69	0	0,69	18

х То же, что и в табл.2

I	2	3	4	5	6	7	8	9			
5464	99-94	1,79	0,014	2,86	0,123	4,64	0,137	0,36	0	0,36	7
90-I20	I03-99	3,77	0,031	1,08	0,010	4,84	0,040	0,54	0	0,54	10
	I07-I03	3,33	0,082	0	0	3,33	0,082	0,96	0	0,96	22
	II2-I07	0	0	0,43	0,004	0,43	0,004	0	0	0	0
	II6-II2	2,58	0,034	1,29	0,016	3,87	0,050	0,43	0	0,43	10
5470	I27-I22 ^x	738,6	17,530	163,09	115,174	901,72	132,704	19,74	11,16	30,90	3
I40-I60	I31-I27	2,58	0,031	1,29	0,009	3,86	0,041	0,86	0	0,86	18
	I37-I31	6,07	0,058	2,50	0,023	8,57	0,081	0,71	0,36	1,07	11
	I40-I37	4,30	0,017	0,54	0,005	4,84	0,022	2,16	0	2,16	31
	I44-I40	4,21	0,017	1,05	0,010	5,26	0,026	1,06	0	1,06	17
	I49-I43	2,49	0,010	0,36	0,003	2,85	0,013	0,71	0	0,71	20
5474	I44-I39	26,56	0,261	44,92	0,693	71,48	0,954	0	0	0	0
I30-I70	I50-I44	14,29	0,062	2,86	0,030	17,14	0,092	0	0	0	0
	I56-I50	15,00	0,138	2,00	0,093	17,00	0,231	1,33	0	1,33	7
	I62-I55	11,08	0,083	1,08	0,024	12,16	0,107	3,78	0	3,78	24
	I65-I62	30,71	1,175	0	0	30,71	1,175	19,28	0,72	20,00	39
	I71-I63	26,66	0,691	1,19	0,012	27,85	0,703	14,05	0	14,05	34
	I72-I68	169,89	2,028	1,61	0,040	171,51	2,068	0,54	3,23	3,76	2

x Объяснение в тексте

Таблица 6

Вертикальное распределение мезозоо- и некрomezозоопланктона в пограничном серо-водородном слое в юго-восточном районе Черного моря (ст.5474) в июне 1984 г.

(Ч-численность, экз.м⁻³; Б-биомасса, мг.м⁻³)

Слой, м	Живые						Мертвые			Процент живых в общей численности всех форм
	копеподы		прочие		Σ		целые,	разрушен- ные,	Σ	
	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Ч	Ч	
I44 - I39	14,06	0,205	26,56	0,299	40,6	0,504	30,86	0	30,86	57
I50 - I44	10,71	0,044	2,50	0,027	13,2	0,071	3,93	0	3,93	77
I56 - I50	14,67	0,136	2,00	0,093	16,7	0,229	0,33	1,33	1,67	91
I62 - I55	11,03	0,083	1,08	0,024	12,2	0,107	0	3,78	3,78	77
I65 - I62	30,71	1,175	0	0	30,7	1,175	0	20,00	20,00	61
I71 - I63	26,86	0,691	1,19	0,012	27,9	0,703	0	14,10	14,10	66
I72 - I68	76,88	1,609	1,08	0,005	78,0	1,614	93,55 ^x	3,76	97,31	45

^x почти 90% численности составляли самки *Oithona nana*

Примечание: По данным авторов [7] пограничная зона на ст.5474 занимала слой I30-I70 м.

тифицируемых при обработке фиксированных проб как живой планктон, доля мертвых организмов может достигать 43-54% по численности и 20-50% по биомассе. Разрушенные формы по численности могут достигать 40% от суммарной численности всех форм (табл.5). Анализ изменений качественного состава живой и мертвой фракций зоопланктона в их вертикальном распределении по материалам ст.5474 показал следующее. По мере приближения к нижней границе переходного сероводородного слоя доля копепод в обеих фракциях возрастала: в живой фракции - от 40 до 70-80% по численности и биомассе, в мертвой фракции - от 40 до 90% по численности и от 10 до 75% по биомассе. Таким образом доля прочих форм зоопланктона у нижней границы была незначительной.

Из табл.6 можно видеть, что в пределах переходного слоя имела место тенденция: при увеличении суммарной численности зоо- и некрозоопланктона доля живой фракции уменьшалась от 91 до 45%. Это означает, что при увеличении общей численности зоопланктонных форм увеличение численности некрозоопланктона шло с большим приращением, чем увеличение численности живых форм. Другая тенденция наблюдается в кислородной зоне в слоях, прилегающих к сероводородному слою (табл.5, ст.5470). Здесь при увеличении общей численности зоопланктонных форм увеличение численности живой фракции идет с большим приращением, чем увеличение численности разрушенных форм. Эти тенденции указывают на то, что живые организмы активно избегают зону сероводородного заражения, и подтверждает аналогичный вывод, полученный нами при анализе вертикального распределения микрозоопланктона. Кроме того, они показывают, что в переходном сероводородном слое смертность зоопланктонных организмов резко возрастает. Последнее согласуется с результатами экспериментальных исследований о выживаемости некоторых представителей зоопланктона в зоне сосуществования кислорода и сероводорода, которые свидетельствуют о невозможности их длительного существования в ней [9]. Описанные выше тенденции выявлены на ограниченном материале и поэтому ещё не имеют значения общего характера. Они нуждаются в подтверждении, что связано с получением новых данных о вертикальном распределении зоопланктона вблизи верхней границы сероводородной зоны.

Сравнение величин средней численности и биомассы фито-, микрозоо- и мезозоопланктона в переходном сероводородном слое, полученных для летнего (1986 года) и осеннего (1985 года [12]) периодов, показывает, что они были выше в осенний период, когда была, вероятно, выше интенсивность конвективного перемешивания вод в вышерасположенных слоях. В летний период 1986 года величины средней для переходного слоя суммарной биомассы этих групп планктона изменялись от 1,5 до 4,7 мг.м⁻³ (среднее около 3) и были примерно в два раза ниже, чем величины её в максимумах вертикального распределения в этом слое. Биомассы этих групп планктона относились между собой примерно как 9:3:1. В летний период 1986 года величина средней биомассы планктона в переходном слое была почти в 4 раза ниже средней биомассы планктона в "пограничном" слое (около 14 мг.м⁻³), величина которой получена В.Н.Никитиным по материалам 60-ти станций за период с 1923 по 1929 годы [6]. Исследуемый В.Н.Никитиным пограничный слой располагался непосредственно над верхней границей сероводородной зоны, о чем свидетельствует хорошее совпадение величин солености, температуры и условной плотности воды, характеризующих нижнюю границу жизни планктона [6], с таковыми на глубине залегания верхней границы переходного сероводородного слоя в период наших исследований [7, 14]. Полученная оценка уменьшения средней биомассы планктона при переходе от пограничного слоя к слою сосуществования сероводорода и кислорода является довольно приближенной ввиду небольшого объема наших материалов, однако может служить первой грубой оценкой величины градиента биомассы планктона (около 10 мг.м⁻³) на верхней границе сероводородной зоны в летний период. Определение более точных количественных оценок градиентов планктона вблизи верхней границы сероводородной зоны связано с получением новых материалов о вертикальном распределении планктона у этой границы в разные сезоны. Знание величин этого показателя приблизит нас к возможности оценить величину потока органического вещества, поступающего в сероводородную зону из вышележащих слоев.

При изучении влияния динамики вод на распределение планктона вблизи верхней границы сероводородной зоны нерешенным остается вопрос о роли вертикальной и горизонтальной циркуляции вод в процессах распространения планктона ниже слоя кон-

вективного перемешивания. В работе [11] Т.С.Петипа с соавторами пришли к заключению, что "распространение в глубину основной массы батипланктонного комплекса (95%), за некоторыми исключениями, по всему морю и во все сезоны ограничивается слоями резкого изменения солености, определяющего повышение плотности, в то время как граница жизни простирается до сероводородной зоны". В районах наших исследований в июне 1986 года нижний пикноклин ($\geq 0,02$ усл.ед.м⁻¹) залегал на 15-75 м выше верхней границы сероводородной зоны [14]. В этом промежуточном слое и ниже него - в переходном сероводородном слое, в глубоководных районах западной и восточной частей моря, нередко регистрировались прибрежные эпипланктонные формы - личинки моллюсков, кладоцеры *Evadne spinifera* и *Pleopis poliphemoides*, из копепод - *C. ponticus*, а также личинки средиземноморской полихеты пелагобии. Присутствие этих форм ниже слоя конвективного перемешивания приводит к предположению о том, что они заносятся сюда из прибрежных районов подповерхностными течениями, предварительно заглубляясь там основным черноморским потоком. К примеру, личинки средиземноморской полихеты пелагобии, поступающие в Черное море через пролив Босфор, в глубоководных районах моря в слое 0-50 м отсутствуют, но регистрируются в тех же районах моря в слое 50-250 м [5]. Из этого следует, что средиземноморский поток вод заглубляется в прибосфорском районе, а оттуда распространяется по акватории основным черноморским потоком, обогащая планктоном нижние слои аэробной и верхние слои сероводородной зон. Материалы Л.Г.Коваль [4] также показывают, что в летний период прибосфорский гидрофронт четко проявляется в слое 50-100 м, что видно по характеру вертикального распределения некрозоопланктона: в этом слое было сосредоточено 75% некрозоопланктона от его количества в слое 0-200 м.

Таким образом, можно заключить, что в летний период в глубоководных районах моря слой, ограниченный нижним пикноклином и верхней границей сероводородной зоны, пополняется не только организмами, проникающими сверху, но также организмами, приносимыми из прибрежных районов подповерхностными течениями.

Выводы

1. Впервые получены новые данные о вертикальном распределении фито-, микрозоо- и мезозоопланктона в переходном сероводородном слое - слое сосуществования кислорода и сероводорода, в Черном море в летний период.
2. Средние биомассы этих групп планктона относились между собой примерно как 9:3:1. Их сумма составила 3 мг.м^{-3} и была почти в четыре раза меньше средней биомассы планктона в вышележащем граничном слое (14 мг.м^{-3}), величина которой получена В.Н.Никитиным для периода 1923-1929 гг.
3. Максимумы численности (биомассы) организмов в их вертикальном распределении были расположены внутри слоя или на его границах и по величине примерно в два раза превышали величины средних для слоя показателей.
4. Влияние динамики вод на распределение планктона в переходном слое отражалось на количестве его в разных районах. В районах опускания вод - вдоль основного черноморского потока и на периферии циклонического круговорота биомасса всех групп планктона была выше, чем в районах подъема вод - в центре циклонического и на периферии антициклонического круговоротов: мезозоопланктона в 10 раз, микрозоопланктона в 3,3 раза, фитопланктона в 1,3 раза.
5. Видовой состав фитопланктона летом был богаче (53 вида), чем осенью (44 вида). Водоросли не фотосинтезировали. Пигменты были в небольшом количестве и в основном в форме феофитина (70-85%). В западной половине обнаружены представители средиземноморских видов. Состояние водорослей, состав пигментов и их количество свидетельствуют о том, что пребывание фитопланктона в переходном сероводородном слое приводит их к гибели.
6. Наличие глубинного пика численности микрозоопланктона, расположенного в переходном сероводородном слое у его верхней границы, свидетельствует о том, что организмы реагируют на химический градиент среды и избегают зону сероводородного заражения.
7. На основе применения нейтрального красителя для выделения живой фракции в мезозоопланктоне показано, что в переходном слое в общей численности мезозоопланктонных форм доля живых организмов колебалась от 45 до 91%, а разрушенных от

0 до 40%. Выявлена тенденция: при увеличении общей численности доля живых форм уменьшается.

8. Присутствие в глубоководных районах в переходном сероводородном слое прибрежных и средиземноморских форм свидетельствует о том, что слой, заключенный между нижними пикноклином и верхней границей сероводородной зоны обогащается не только планктоном из вышележащих слоев, но также организмами, приносимыми из прибрежных районов подповерхностными течениями.

Литература

1. Берсенева Г.И., Крупаткина Д.К. Первичная продукция и пигменты фитопланктона в Черном море в ранне-летний период. Наст. сб.
2. Георгиева Л.В. Влияние водообмена через Босфор на фитопланктон Черного моря. - В кн.: УП съезд Украинского Ботанического общества. Тез. докл. Киев, 1982, с. 288-289.
3. Заика В.Е., Морякова В.К., Островская Н.А., Цалкина А.В. Распределение морского микрозоопланктона. К., Наукова думка, 1976, 92с.
4. Коваль Л.Г. Зоо- и некрозоопланктон Черного моря. К., 1984, 127 с.
5. Мурина В.В. Пелагическая полихета пелагобия как биоиндикатор редокс-зоны в Черном море. Наст. сб.
6. Никитин В.Н. Границы вертикального распределения организмов в Черном море. - В кн.: Памяти Юлия Михайловича Шокальского. М., -Л., 1950. Ч. вторая, с. 313-357.
7. Новоселов А.А., Романов А.С., Шереметьева А.И., Шумченко О.А. Динамика запаса сероводорода в Черном море по результатам исследований в 1984-86 гг. Наст. сб.
8. Павловская Т.В. Распределение микрозоопланктона в прибрежных водах Черного моря. - В кн.: Биология моря, К., 1976. Вып. 136, с. 75-83.
9. Павловская Т.В., Ковалева Т.М. Выживаемость и питание черноморского зоопланктона в зоне сосуществования кислорода и сероводорода. Наст. сб.
10. Петипа Т.С. О среднем весе основных форм зоопланктона Черного моря. - Тр. УБС. 1957. т. IX, с. 39-57.

11. Петица Т.С., Сакина Л.И., Делало Е.П. Вертикальное распределение зоопланктона в Чёрном море в связи с гидрологическими условиями. ДАН СССР, 1960, т. 133, № 4, с. 964-967.
12. Островская Н.А., Ковалева Т.М., Мурина В.В., Шмелёва А.А., Чмыр В.Д., Попова Е.В. К исследованию зависимости распределения и количества планктона в пограничной сероводородной зоне от её толщины и глубины залегания в Чёрном море. - В кн.: Современные проблемы океанологии Чёрного моря. Севастополь. Морск. гидрофиз. ин-т, 1986. Ч. II, с. 411-443. Деп. в ВИНТИ 17.09.86 № 6700-В.86.
13. Островская Н.А., Морякова В.К. Неравномерность распределения и изменчивость концентраций микрозоопланктона в Чёрном море в поздне-летний период. - В кн.: Динамика вод и продуктивность планктона Чёрного моря. КЦ стран участников СЭВ. М., 1987. В печати.
14. Отчёт о работах в 34-м рейсе (черноморский этап) нис "Академик Вернадский" 14.06-13.07.86. Нач. экспедиции д.ф.-м.н. Богуславский С.Г. Севастополь. МТИ АН УССР, 1986, т. I, 202 с (Инв. №3508).

Институт биологии южных морей АН УССР
г. Севастополь