

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ "СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ РЕКРЕАЦИОННЫХ СИСТЕМ"

УДК 551.464.(262.5)

Бурлакова З.П., Еремеева Л.В., Безбородов А.А.
ВЗВЕШЕННОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ
ЧЕРНОГО МОРЯ

Основной задачей настоящего исследования было изучение содержания взвешенного органического углерода ($C_{\text{воб}}$), азота ($N_{\text{воб}}$) и общего фосфора ($P_{\text{бзб}}$). Содержание и элементарный состав взвешенного органического вещества в определенной степени является показателем процесса эвтрофикации. Отношение органического углерода, азота и фосфора является также важной характеристикой направленности изменения состава взвешенного органического вещества.

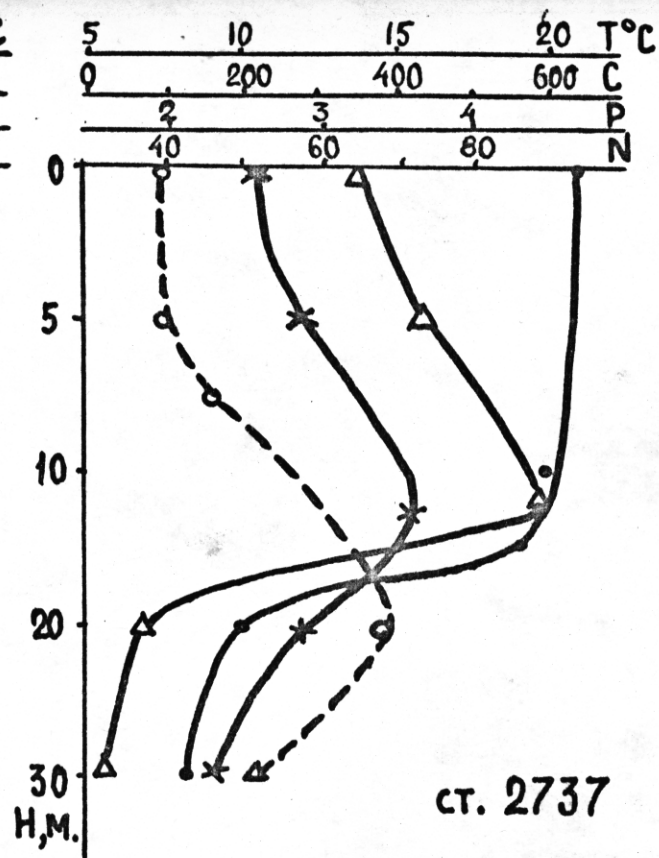
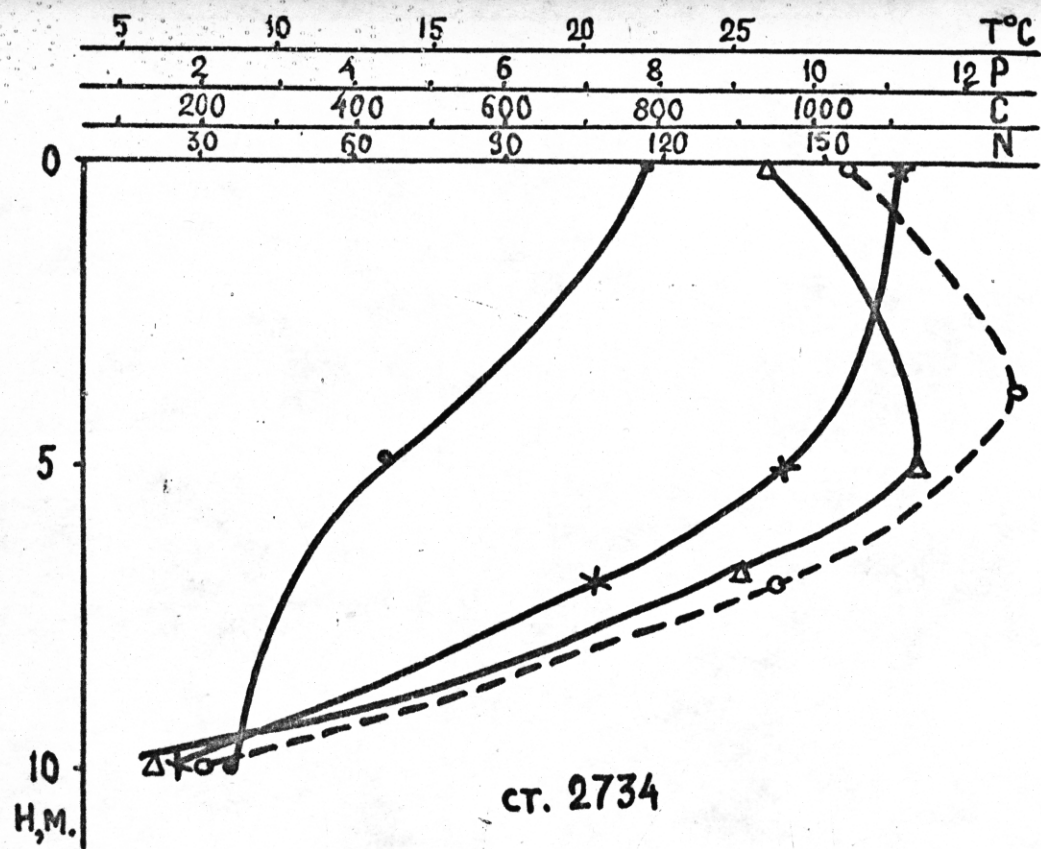
Работы проводились в западной части Черного моря (у мыса Калиакри, станция 2733), северо-западной части (станция 2734-2738) и в районе Южного берега Крыма (у мыса Николая, станции 2751-2755, бухте Ласпи, станция 2743) в июне-июле 1985 года (19 рейс НИС "Профессор Водяницкий"). Данные по содержанию взвешенного органического углерода в водах Черного моря приведены в работах /1,4,6,7/.

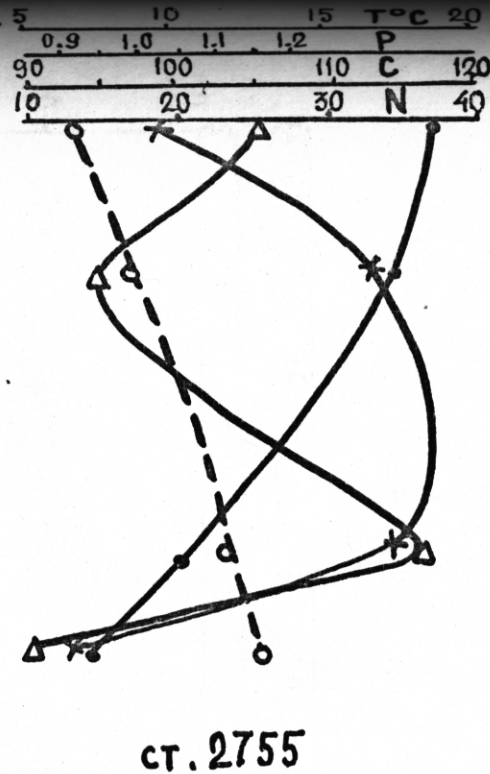
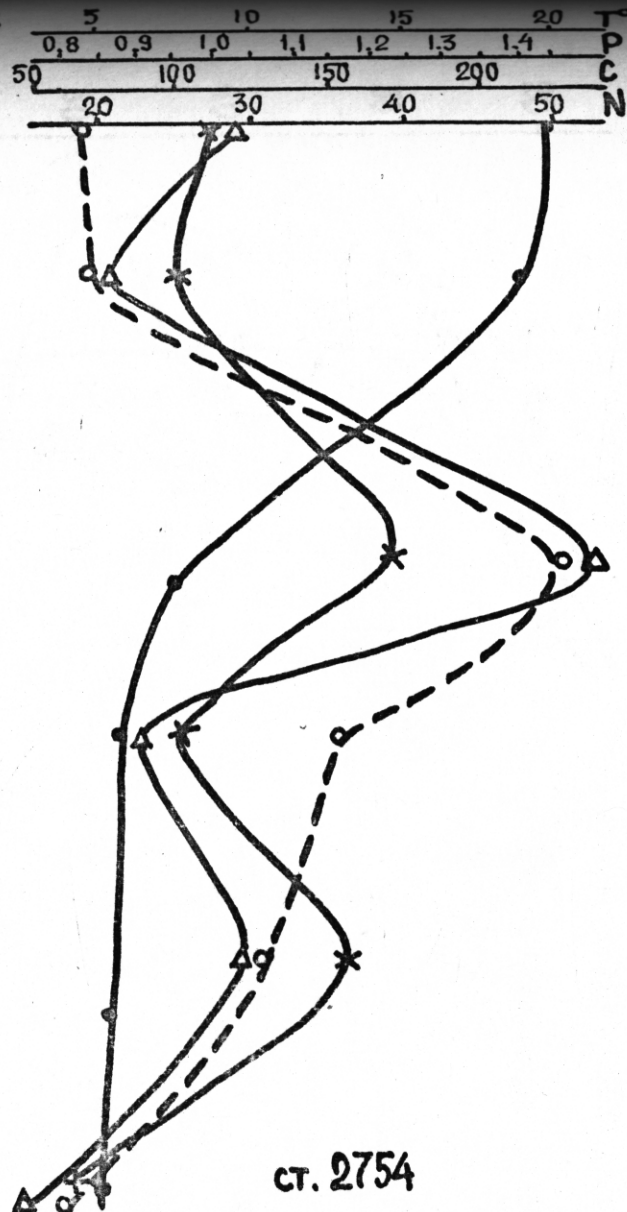
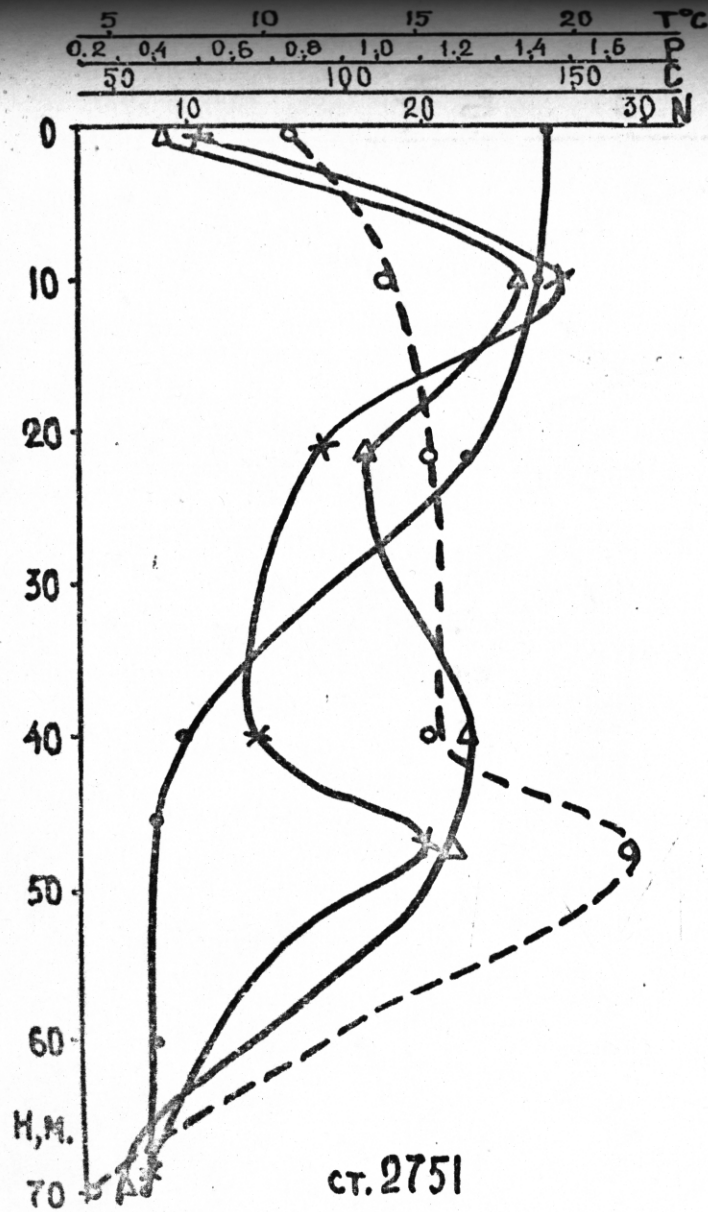
Работы, посвященные одновременному определению взвешенного органического углерода, азота и фосфора в Черном море, отсутствуют. Для сбора взвешенного органического вещества пробы воды 0,5-5 литров фильтровали через прокаленные при 300°C стекловолокнистые фильтры GF/F диаметром 22 мм, позволяющими задерживать частицы размером до 0,45 мкм. Фильтрация проводилась при вакууме с остаточным давлением 0,25 атм. Высушенные при 60°C фильтры до анализа сохранили в эксикаторе над селикагелем. Анализ проб на содержание взвешенного органического углерода, азота и фосфора проведен в лабораторных условиях на берегу. Сжигание высушенных фильтров с осадком для определения содержания органического углерода и азота проводили на элементарном автоанализаторе.

заторе *СНН-1С*. Перед анализом фильтры обрабатывались разбавленной соляной кислотой для удаления карбонатов.

Взвешенный общий фосфор определяли сжиганием фильтра с осадком в плаве кислых солей по методике С.В.Люцарева /3/.

Результаты определения $C_{\text{воб}}$, $N_{\text{воб}}$, $P_{\text{вбв}}$ представлены в таблице I. Диапазон концентраций всех характеристик взвешенного органического вещества изменяется в значительных пределах: $C_{\text{воб}}$ от 3,6 до 92,7 мкг·ат·л⁻¹, $N_{\text{воб}}$ от 0,4 до 0,42 мкг·ат·л⁻¹, $P_{\text{вбв}}$ от 0,02 до 12,92 мкг·ат·л⁻¹. Для характеристики района большой интерес представляют параметры взвешенного вещества, рассчитанные для столба воды (табл.2). Анализ таблицы 2 показал, что максимальным содержанием средневзвешенных $C_{\text{воб}}$, $N_{\text{воб}}$, $P_{\text{вбв}}$ отличаются мелководные станции 2734-2737, расположенные в северо-западной части моря. Их концентрации варьируют в пределах 25,9-65,2; 3,3-9,2; 0,07-0,31 мкг·ат·л⁻¹ для $C_{\text{воб}}$, $N_{\text{воб}}$ и $P_{\text{вбв}}$ соответственно, и близки к среднему содержанию взвешенного органического углерода и азота, полученным в июне 1981 года для Бургасского залива /2/. Такие высокие концентрации параметров взвешенного органического вещества характерны для наиболее богатых сестоном вод Мирового океана /5/. Минимальные величины $C_{\text{воб}}$ (8,2 мкг·ат·л⁻¹), $N_{\text{воб}}$ (1,0 мкг·ат·л⁻¹), $P_{\text{вбв}}$ (0,03 мкг·ат·л⁻¹) получены в районе м.Калиакра в западной части моря (ст.2733). Несколько более высокие концентрации этих параметров (9,2-10,5, 1,6-2,1, 0,03-0,04 мкг·ат·л⁻¹ для $C_{\text{воб}}$, $N_{\text{воб}}$, $P_{\text{вбв}}$ соответственно) были отмечены на разрезе у м.Николая (ст.2751-2755). Вертикальное распределение взвеси определяется, в основном, термохалинной структурой вод. По гидрологическим данным о вертикальном распределении термохалинных свойств морской воды, работы у мыса Калиакра проводились в период еще не заверщенного процесса формирования летнего типа термохалинной структуры. На станциях в северо-западной части моря, а также у берега Крыма сезонный термоклин был полностью сформирован. Характерные вертикальные профили взвешенных органического углерода, азота и общего фосфора представлены на рис.1-3. Следует отметить различия в распределении взвешенного органического вещества по вертикали в исследованных районах моря. В





Δ — N • — T°C
 x — C o — — — P

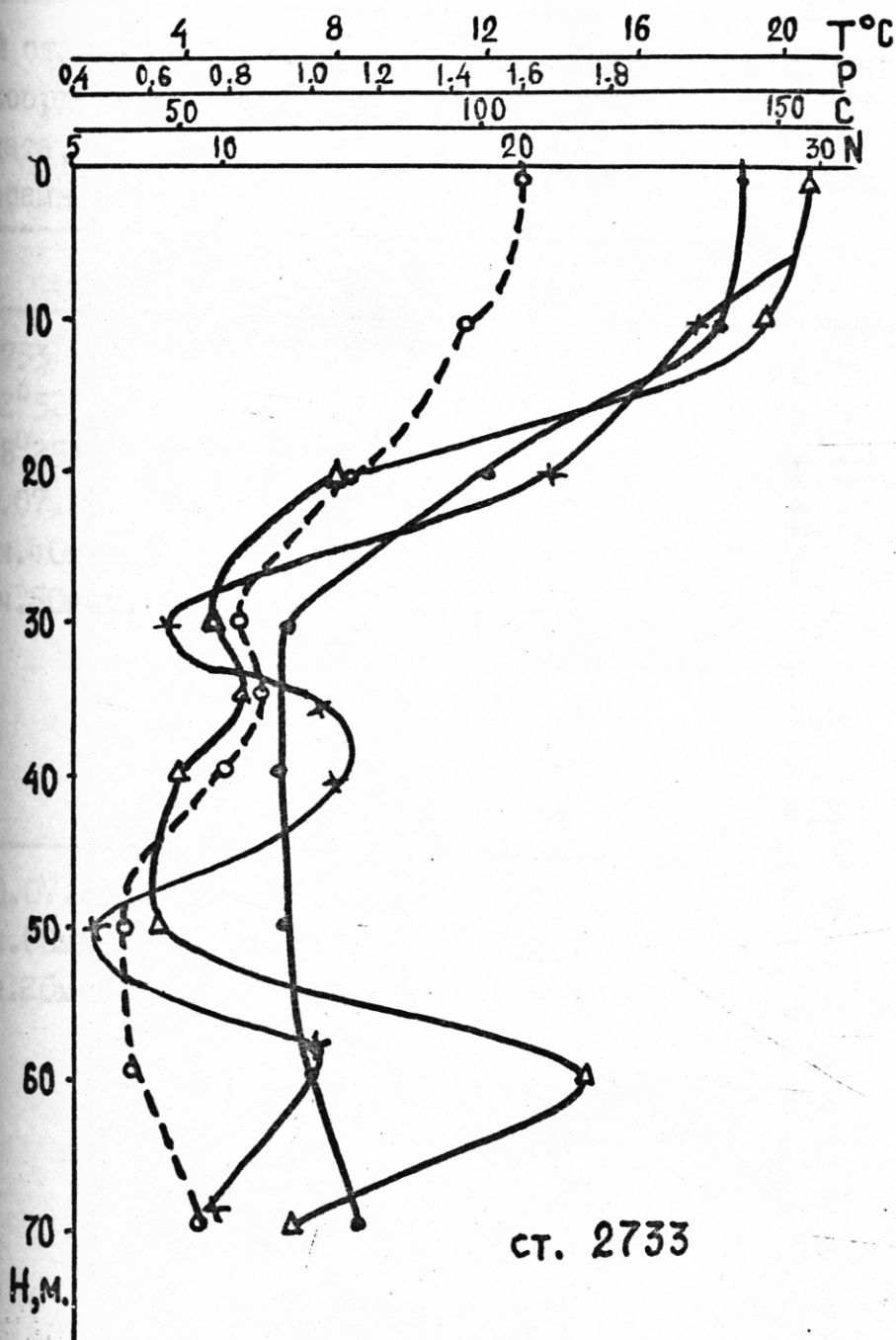


Таблица I. Сводная таблица различных характеристик
взвешенного вещества

№ станции	:	:	Концентрация, мкг-ат л ⁻¹			
координаты,	:	Глубина,	:			
дата,	:	м	:	C _{вов}	:	N _{вов.} : P _{взв.}
время отбора	:		:		:	
I	:	2	:	3	:	4 : 5
2733	:	0	:	35,3	:	2,2 : 0,05
42°52'	:	10	:	11,2	:	2,0 : 0,05
28°25'	:	20	:	9,5	:	1,1 : 0,06
9.07.85	:	30	:	4,2	:	0,7 : 0,02
5ч.40мин.	:	35	:	6,2	:	0,8 : 0,03
6ч.50мин.	:	40	:	6,4	:	0,4 : 0,03
	:	50	:	3,6	:	0,4 : 0,02
	:	60	:	5,5	:	1,5 : 0,02
	:	70	:	4,4	:	0,9 : 0,02
	:	80	:	4,8	:	0,8 : 0,02
10.07.85	:	0	:	12,4	:	2,9 : 0,04
7ч.00мин.	:	10	:	12,7	:	1,7 : 0,04
8ч.20мин.	:	20	:	9,3	:	0,8 : 0,03
	:	30	:	7,6	:	1,0 : 0,03
	:	37	:	6,2	:	0,8 : 0,03
	:	40	:	7,1	:	1,0 : 0,02
	:	45	:	4,3	:	0,5 : 0,03
	:	50	:	16,6	:	0,8 : 0,02
	:	60	:	4,2	:	0,5 : 0,02
	:	70	:	3,7	:	0,9 : 0,02
11.07.85	:	0	:	6,9	:	1,0 : 0,04
6ч.00мин.	:	10	:	9,3	:	1,0 : 0,03
7ч.15мин.	:	20	:	6,4	:	0,9 : 0,03
	:	30	:	7,6	:	1,0 : 0,04
	:	35	:	6,1	:	1,5 : 0,04

продолжение таблицы I

I	:	2	:	3	:	4	:	5
		40		5,9		0,9		0,03
		45		5,6		0,6		0,02
		50		7,4		-		0,03
		60		4,8		-		0,02
		70		4,4		0,5		0,02
2734		0		92,7		10,2		0,34
46 ⁰ 05'		5		79,6		11,8		0,42
31 ⁰ 19'		8		59,4		9,9		0,30
19.07.85		12		12,2		1,7		0,06
8ч.30мин.								
2735		0		18,4		2,8		0,06
45 ⁰ 58'		6		32,2		4,2		0,07
32 ⁰ 07'		10		30,6		4,1		0,15
19.07.85		14		39,3		6,6		0,13
13ч.15мин.								
2736		0		13,4		2,3		0,10
45 ⁰ 51'		6		27,5		4,0		0,08
32 ⁰ 55'		10		24,7		2,9		0,12
19.07.85								
17час.00мин.								
2737		5		21,3		5,2		0,07
42 ⁰ 32'		15		34,8		6,5		0,07
32 ⁰ 27'		20		22,4		2,7		0,11
19.07.85		25		15,3		2,2		0,08
20час.30мин.								
2738		0		20,0		-		0,06
19.07.85		10		9,5		1,0		0,04
24час.00мин.		20		7,7		1,0		0,02
		30		9,0		1,8		0,03

продолжение таблицы I

I	:	2	:	3	:	4	:	5
		40		6,3		0,8		0,02
		50		4,7		-		0,01
		60		3,9		0,6		0,02
2743 <i>дети</i>		0		7,2		0,8		0,02
44 ⁰ 23,		10		7,5		0,8		0,03
34 ⁰ 43,		20		7,5		1,6		0,03
21.07.85		25		7,6		1,6		0,03
8час.00мин.		30		7,2		0,8		0,03
9час.15мин.		35		8,4		1,1		0,03
		40		13,0		1,6		0,02
2751		0		6,7		0,9		0,02
24.07.85		10		14,8		2,6		0,03
11час.45мин.		22		9,2		1,8		0,04
		40		8,2		2,2		0,04
		48		12,0		2,2		0,05
		75		6,2		0,6		0,03
2752		0		9,3		0,8		0,03
24.07.85		10		7,8		1,3		0,03
15час.20мин.		33		6,8		1,8		0,03
		53		16,0		2,9		0,04
		62		11,5		0,6		0,04
		75		5,0		0,9		0,02
2753		0		8,7		2,4		0,03
24.07.85		10		8,3		2,8		-
17час.30мин.		24		13,4		1,8		0,05
		33		11,4		2,0		0,04
		60		8,5		1,1		0,03
		75		6,1		0,7		0,02

продолжение таблицы I

I	:	2	:	3	:	4	:	5
2754		0		9,9		2,0		0,03
24,07.85		10		8,7		1,4		0,03
18час.50мин.		28		14,3		3,8		0,05
		40		8,2		1,6		0,04
		55		13,2		2,2		0,03
		75		5,98		1,1		0,03
2755		0		8,3		1,8		0,03
24.07.85		10		9,6		1,1		0,03
20час.50мин.		28		9,6		2,6		0,04
		35		7,9		0,8		0,04

Таблица 2. Средние величины элементарного состава взвешенного органического вещества для столба воды.

Станция	Глубина м.	Расчет- ный слой м.	Конц. МКГ-АТ.Л ⁻¹			С : : Р	
			С _{воб.}	воб.	Р _{взв.}	атомное	
2733	96	0 - 70	8,2	1,0	0,03	100:14,8:1,0	
2734	18	0 - 12	65,2	9,2	0,31	100:14,1:0,48	
2735	20	0 - 14	29,8	4,2	0,11	100:14,1:0,37	
2736	16	0 - 10	22,8	3,3	0,10	100:14,8:0,44	
2737	32	0 - 25	25,9	4,7	0,07	100:18,2:0,27	
2738	62	0 - 60	8,1	1,0	0,03	100:12,3:0,37	
2743	50	0 - 40	7,9	1,2	0,03	100:15,2:0,38	
2751	250	0 - 75	9,8	1,8	0,03	100:18,4:0,31	
2752	200	0 - 75	9,5	1,6	0,03	100:16,8:0,32	
2753	160	0 - 75	9,5	1,8	0,04	100:18,6:0,41	
2754	160	0 - 75	10,5	2,1	0,04	100:20,0:0,33	
2755	40	0 - 35	9,2	1,7	0,03	100:18,5:0,33	

северо-западной части на мелководных станциях (рис. I, табл. I), подверженной вертикальному перемешиванию, максимальные концентрации взвешенного органического вещества наблюдаются примерно в центре плохо сформированного слоя сезонного термоклина (горизонт 5-8 метров). Ниже этих горизонтов и до дна концентрация ВОВ уменьшается. На ст. 2737, 2738 максимумы $C_{\text{воб}}$, $N_{\text{воб}}$, где глубина увеличивается до 40-60 м, сезонный термоклин хорошо сформирован и максимумы $C_{\text{воб}}$, $N_{\text{воб}}$ находятся над его верхней границей.

Кривые распределения параметров взвешенного органического вещества в районе м. Калиакра (рис. 2) имеют несколько максимумов. Повышенные концентрации всех трех элементов отмечены над верхней и под нижней границами сезонного термоклина, на горизонтах 5-10 и 35-40 м соответственно. Третий максимум - только в распределении взвешенного органического углерода и азота и находится над холодным промежуточным слоем.

На разрезе у м. Николая кривые вертикального распределения $C_{\text{воб}}$, $N_{\text{воб}}$, $P_{\text{бзб}}$ разнообразны по форме (рис. 3). На ст. 2751 (глубина 250 м) вертикальное распределение всех параметров взвешенного органического вещества одинаково, с максимумами над верхней и над нижней границами термоклина, и резким уменьшением их концентраций на более глубоких горизонтах. На ст. 2754 (глубина 160 м) в вертикальном распределении $C_{\text{воб}}$, $N_{\text{воб}}$ наблюдается два максимума - у нижней границы термоклина и под ним. В пределах ХПС единственный максимум в распределении совпадает с первым максимумом $C_{\text{воб}}$ и $N_{\text{воб}}$. Глубже содержание $P_{\text{бзб}}$ резко уменьшается, что совпадает с распределением взвешенных компонентов ОВ в районе м. Калиакра (рис. 2). На мелководной ст. 2755 (глубина 40 м) отмечаются два максимума у азота (на поверхности и у дна) и один углерода - на глубине 20-30 м. В распределении $P_{\text{бзб}}$ отмечается незначительное увеличение содержания ко дну. В целом распределение ВОВ на этой станции аналогично таковому для мелководья северо-запада с несформировавшимся термоклином. Наличие одного максимума ВОВ примерно в центре слоя плохо сформированного термоклина и двух - на границах хорошо сформированного, свидетельствует о возможном разрыве единого слоя повышенных кон-

центратий ВОВ в процессе формирования сезонного термоклина. Существование третьего максимума $C_{\text{воб}}$ и $N_{\text{воб}}$ при уменьшении $P_{\text{взв}}$ в ХПС, может являться хорошим индикатором этой воды и подтверждать ее не местное, а более мелководное происхождение. Повышенное отношение С/Р показывает преобладание детритной составляющей ВОВ в холодной прослойке и указывает на более длительное время ее жизни по сравнению с выше и ниже расположенными водами.

Анализ данных по элементарному составу взвешенного органического вещества позволил определить соотношения между основными его компонентами ($C_{\text{воб}}$, $N_{\text{воб}}$, $P_{\text{взв}}$). Величины C/N колеблются от 5,0 до 8,1, а С/Р от 100 до 370. Более низкие величины C/N (5,0-5,9) и относительно более высокие С/Р (> 300) служат доказательством преобладания детрита во взвешенном органическом веществе на этих станциях. В заключение следует сказать, что по содержанию во взвеси органического углерода, азота и фосфора, воды северо-западной части резко отличаются от вод м.Калиакра и побережья Крыма менее подверженных антропогенному воздействию.

Л и т е р а т у р а

1. Дацко В.Г. Органическое вещество в водах южных морей. М.: Изд-во АН СССР, 1959 г.
2. Ведерников В.И., Берсенева Г.П., Бурлакова З.П. Первичная продукция, хлорофилл и взвешенное органическое вещество в Бургасском заливе летом 1981 г. В кн.: Структура и функционирование прибрежной экосистемы западной части Черного моря. Москва, ИО АН СССР, 1985, с.67-86.
3. Люцарев С.В., Миркина С.Д. Определение общего фосфора во взвешенном веществе. В кн.: Методы гидрохимических исследований океана. Наука, М., 1978, с.176-179.
4. Скопинцев Б.А. Формирование современного химического состава вод Черного моря. Л.: Гидрометеиздат, 1975.
5. Романкевич Е.А. Углерод взвешенного органического вещества. В кн.: Океанология, Химия океана. М.: Наука, 1979, т.1. Химия вод океана. с.259-265.

6. Филиппов В.С. Взвешенный органический углерод в водах аэробной зоны Черного моря. В кн.: Экосистема пелагиали Черного моря. М.: Наука, 1980, с.62-64.
7. Финенко З.Ж. Содержание органического вещества в сектоне Черного и Азовского морей. Киев: Наукова Думка, 1965, с.12-16.