
МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ "СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ РЕКРЕАЦИОННЫХ СИСТЕМ"

№ 5804-В87

УДК 551.464.6(262.5)

Л.В.Явишкина, В.Б.Белявская

НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ФОРМЫ БИОГЕНОВ В ПОВЕРХНОСТНОМ
МИКРОСЛОЕ ВОД ЧЕРНОГО МОРЯ

Поверхностный микрослой (ПМС), как естественный концентратор загрязняющих веществ, явился предметом изучения в работах /2, 5/. Основным выводом их явилось установление факта аккумуляции химического загрязнения в ПМС и изменения физико-химических характеристик тонкого поверхностного слоя Мирового океана под влиянием загрязнений. Материалы исследований состава ПМС по содержанию в нем органического вещества, основных компонентов морской воды и биогенных элементов немногочисленны и приводятся для открытых акваторий Атлантического и Индийского океанов /1/. Подобные же работы для вод внутренних морей в литературе не обнаружены.

Целью настоящих исследований явилось установление характера распределения фосфатов, нитратов, нитритов и кремния в ПМС и поверхностном слое (ПВ) морских вод, выполненных в экспедиционном рейсе НИС "Яков Гаккель" в Черном море и на многочасовой станции у мыса Тарханкут в апреле и июле 1983 года. Схема расположения станций приведена на рис.1.

Отбор проб из ПМС осуществлялся с помощью сетки-пробоотборника $1 \times 0,7 \text{ м}^2$, площадь ячейки 1 мм^2 , объем поднимаемой пробы - 200 мл. Отбор проб из поверхностного слоя производился батометром БМ-48. Пробы воды отбирались в штилевую погоду или при небольшом ветровом волнении, сопровождаемом легкой зыбью, скорость ветра не превышала 8 м/с. Определение содержаний микроколичеств биогенов проводилось по мето-

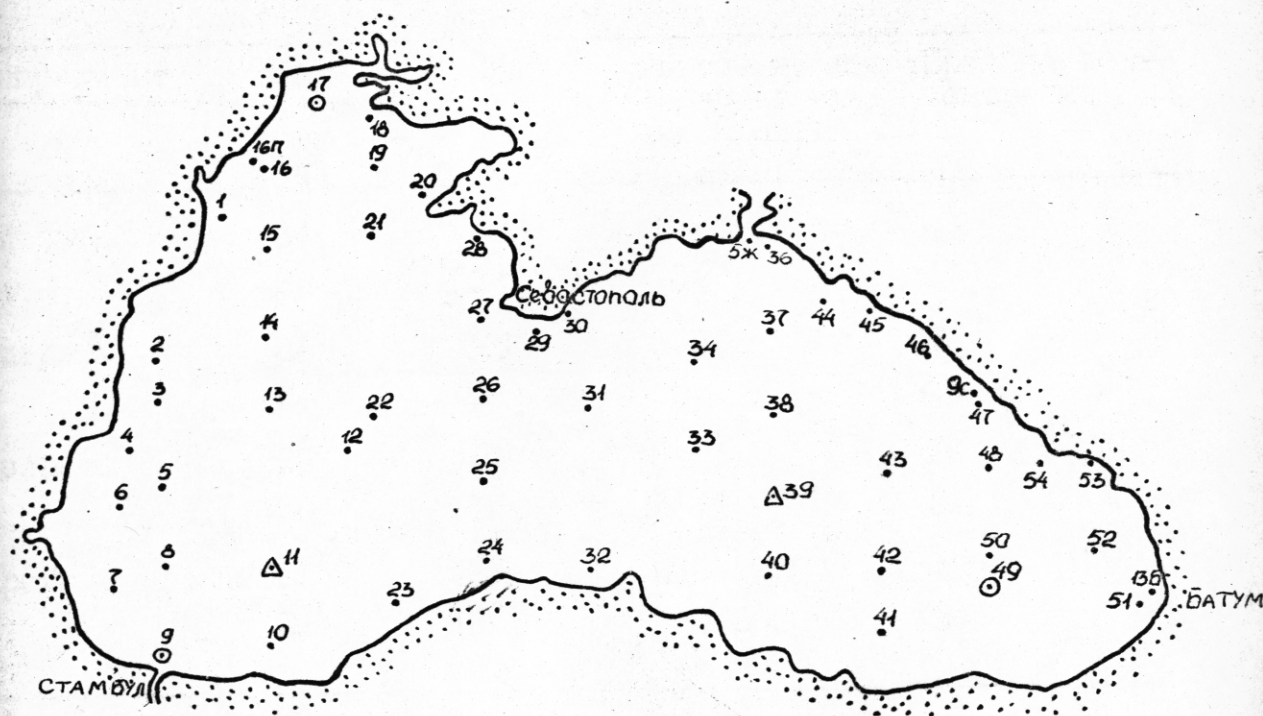


Рис. I. Схема расположения станций в Черном море.

дикам, описанным в /4/, использовался фотоэлектроколориметр типа ФЭК-60.

В табл. I приведены результаты определений содержаний биогенов в ПМС и ПВ черноморских вод.

Таблица I

Содержание нитратов, нитритов ($\text{мкг } \text{N} \cdot \text{л}^{-1}$), фосфатов ($\text{мкг } \text{P} \cdot \text{л}^{-1}$), кремния ($\text{мкг } \text{Si} \cdot \text{л}^{-1}$) в ПМС и ПВ Черного моря

Ингредиент	:Количе- ство оп- ределе- ний	: Слой	:Диапазон из- менения кон- центраций	:Средняя кон- центрация
Нитраты	34	ПМС	10-130	47
	34	ПВ	10-21	10
Нитриты	34	ПМС	5-22	7
	34	ПВ	<5	<5
Фосфаты	30	ПМС	5-45	20
	30	ПВ	5-11	5
Кремний	22	ПМС	240-1020	430
	22	ПВ	230-600	340

Как видно, наиболее высокие концентрации ионов отмечались для нитратов, у которых и диапазон варьирования и средние значения концентраций значительно превышали таковые для нитритов и фосфатов. Концентрации нитратов в ПМС в 66% случаев варьировали в интервале 10-42, в 24% - в интервале 50-86, в 10% превышали значения $100 \text{ мкг } \text{N} \cdot \text{л}^{-1}$. Отмечено, что высоким значениям концентраций в ПМС, превышающим $100 \text{ мкг } \text{N} \cdot \text{л}^{-1}$, соответствовали относительно высокие их содержания и в ПВ.

Значимые величины концентраций нитритов в ПМС варьировали в пределах 17-21 $\text{мкг } \text{N} \cdot \text{л}^{-1}$, количество наблюдений содержаний нитритов, превышающих нижнюю границу определяемых содержаний ($5 \text{ мкг } \text{N} \cdot \text{л}^{-1}$) составило 8%, в остальных случаях содержание нитритов в ПМС укладывалось в пределы 5-7 $\text{мкг } \text{N} \cdot \text{л}^{-1}$, в ПВ концентрации < 5 $\text{мкг } \text{N} \cdot \text{л}^{-1}$ составили 100%.

Содержание фосфатов в ПМС отмечалось на уровнях, превышающих нижнюю границу определяемых содержаний. Интервал концентраций $20-45 \text{ мкг Р.л}^{-1}$ отмечался в 46% случаев, в остальных 54% случаев содержание фосфатов варьировало в интервале $5-19 \text{ мкг Р.л}^{-1}$. В ПВ только в 25% случаев отмечались концентрации, превышающие нижнюю границу определяемых содержаний - $7-11 \text{ мкг Р.л}^{-1}$.

Содержания кремния в ПМС и ПВ отмечались незначительно и диапазон их варьирования укладывался в пределы $230-600 \text{ мкг.л}^{-1}$. Лишь в одном случае отмечена концентрация, превысившая 1000 мкг.л^{-1} .

Полученные материалы показали значительное обогащение ПМС минеральными формами фосфора и азота, и в меньшей степени - кремния. В табл.2 приведены значения факторов обогащения ПМС нитратами, фосфатами и кремнием для большей части обследованных станций, на рис.2 - карты их распределения. Фактор обогащения $/I/$ рассчитывался как выраженное в процентах отношение разности концентраций определяемого ингредиента в ПМС и ПВ к концентрации его в ПВ. Наиболее значительные интервалы варьирования факторов обогащения ПМС отмечались для нитратов, наименьшие - для кремния.

На карте распределения факторов обогащения ПМС нитратами четко выделялись прибрежные зоны северо-западной и юго-западной частей Анатолийского и Кавказского побережий, центральной части моря. В прибрежных районах, по-видимому, обогащение ПМС нитратами управляется терригенным притоком биогенных веществ, проявляющимся в высоких значениях фактора обогащения. Так, в северо-западной части локально высокое значение фактора обогащения (760) отмечено в основной струе дунайских вод, на таком же уровне колебались эти характеристики у болгарского побережья в районе Варны (700) и у Анатолийского побережья (800). Относительно выравненные величины факторов обогащения ПМС нитратами, характеризующиеся изолинией в 300, отмечались в районе Кавказского побережья от Анапы до Батуми.

В центральной части моря высокие значения факторов обогащения ПМС нитратами определялись, по всей вероятности, превалированием природных процессов апвеллинга обогащенных био-

Таблица 2

Факторы обогащения ПМС (F , %) черноморских
вод нитратами, фосфатами, кремнием

Станции	, %		
	нитраты	фосфаты	кремний
I	2	3	4
2	320	340	43
3	340	220	18
4	700	140	10
5	260	50	-
6	120	40	-
7	420	460	-
9	320	120	343
10	470	220	-
13	440	300	44
14	250	-	-
15	760	440	82
17	130	240	37
19	400	340	63
20	200	240	42
21	-	60	-
23	150	380	16
24	800	800	27
25	450	580	55
26	500	-	-
31	610	360	-
32	350	160	3
34	200	280	44
36	200	-	-
39	100	-	75
40	70	200	36
42	110	50	-
43	50	36	20
44	350	320	67
45	470	320	42

Продолжение табл.2

I	:	2	:	3	:	4
46	300		380		16	
47	50		88		39	
48	130		320		-	
50	120		-		-	
9с	250		200		-	
47а	-		260		39	
Всего наблюдений	34		30		22	

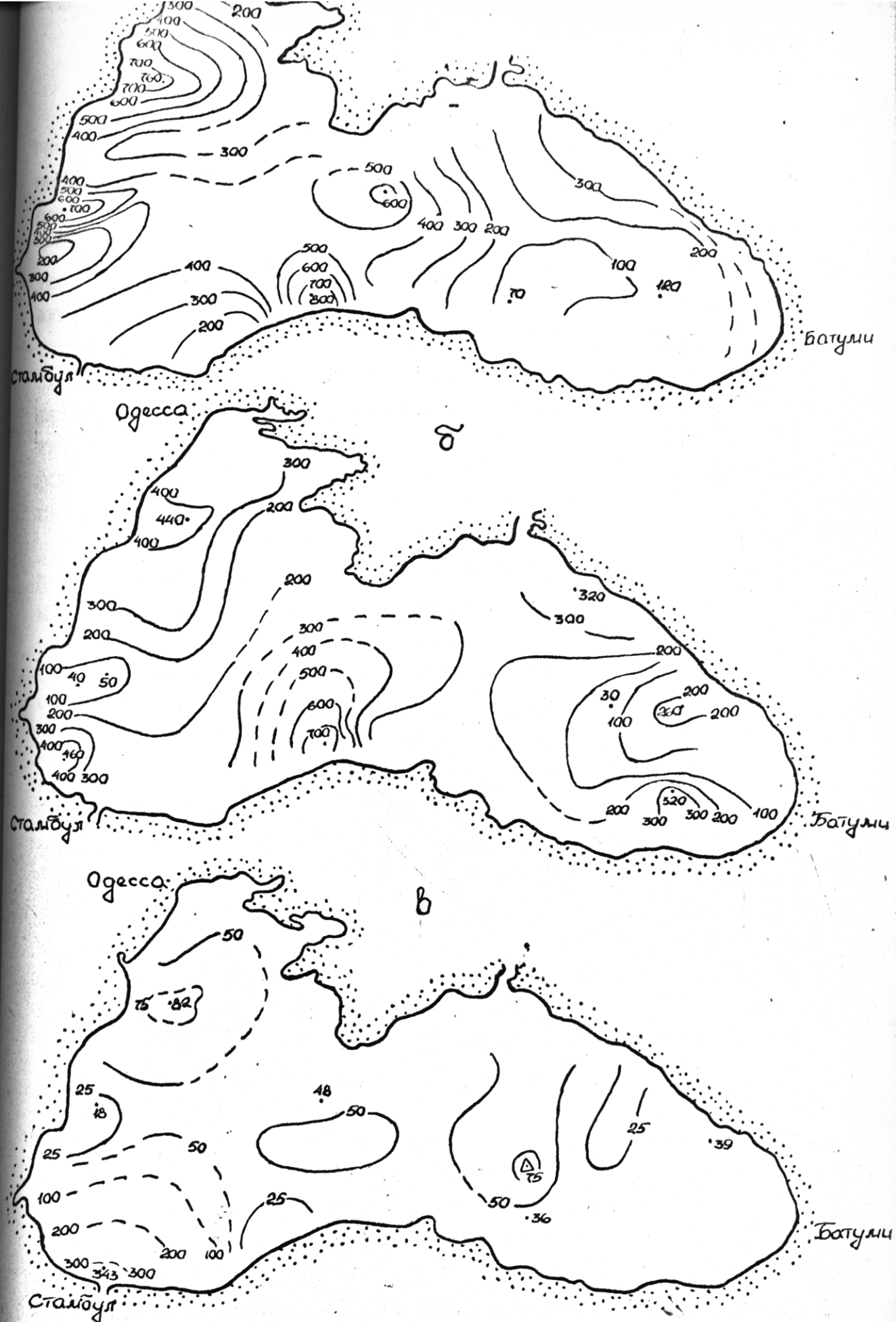


Рис.2. Распределение фактора обогащения ПМС нитратами (а), фосфатами (б), кремнием (в).

генными микроэлементами глубинных вод, происходящего в циклическом круговороте, центр существования которого приходился на район максимальных величин значений солёности.

Для фосфатов, также как и для нитратов, отмечалась приуроченность высоких значений факторов обогащения к прибрежным акваториям (рис.2б); выделялись "языки" высоких значений факторов в придунайском районе и у Анатолийского побережья, фиксировалась равномерность их изменения вдоль Кавказского побережья, характеризуемая изолиниями в 200 и 300. Однако, в отличие от нитратов, в распределении факторов обогащения ПМС фосфатами не наблюдалось ядра высоких значений фактора в центральной части моря.

Максимальная величина фактора обогащения ПМС кремнием, превышающая значение 300, отмечена у Босфора, куда, по-видимому, соединения кремния коллоидного и взвешенного вещества выносятся речными водами прибрежной зоны; на последний факт указывает понижение солёности в этом районе до величин 16,1 ‰ относительно 18,3 ‰ в центре моря. Выделялись три ядра с относительно высокими величинами фактора обогащения ПМС кремнием - в северо-западной части в районе выхода дунайских вод - 82, в центре моря - 55 и центре восточной части - 75.

Интересно проследить суточный ход и сезонные вариации факторов обогащения. На рис.3 представлены зависимости факторов обогащения ПМС нитратами, фосфатами и кремнием от времени суток в весенний и летний сезоны. Как видно, независимо от времени года максимальные величины факторов обогащения ПМС нитратами приходились на дневное время (13-15, 16-17), а минимальные - на утреннее (7-8 час.). Экстремумы факторов обогащения ПМС фосфатами в обоих сезонах помещались в относительно небольшой интервал дневного времени между 14 и 18 часами, причем минимумы и максимумы отмечались в перекрывающиеся, но четко различимые соответственно более ранние (13-16 час.) и более поздние (15-17 час.) сроки. Экстремальные величины факторов обогащения ПМС кремнием в их суточном ходе смещены относительно таковых для нитратов и фосфатов в сторону более позднего времени и занимали интервал между 15 и 20 часами, причем максимумы и минимумы посезонно находи-

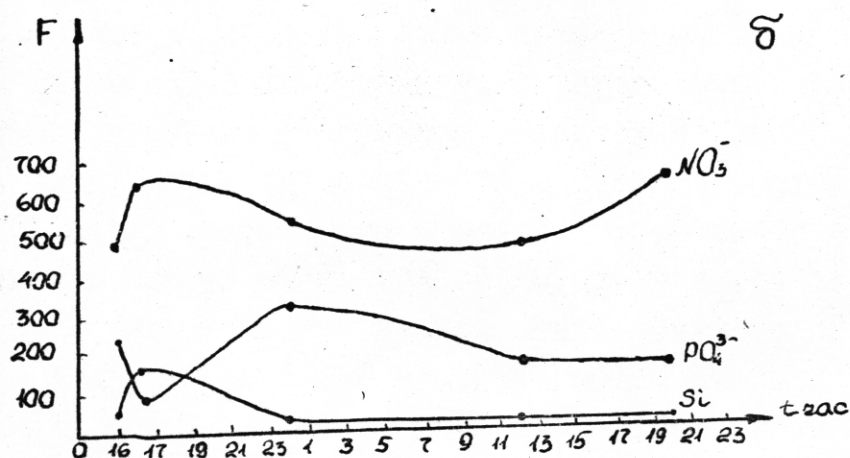
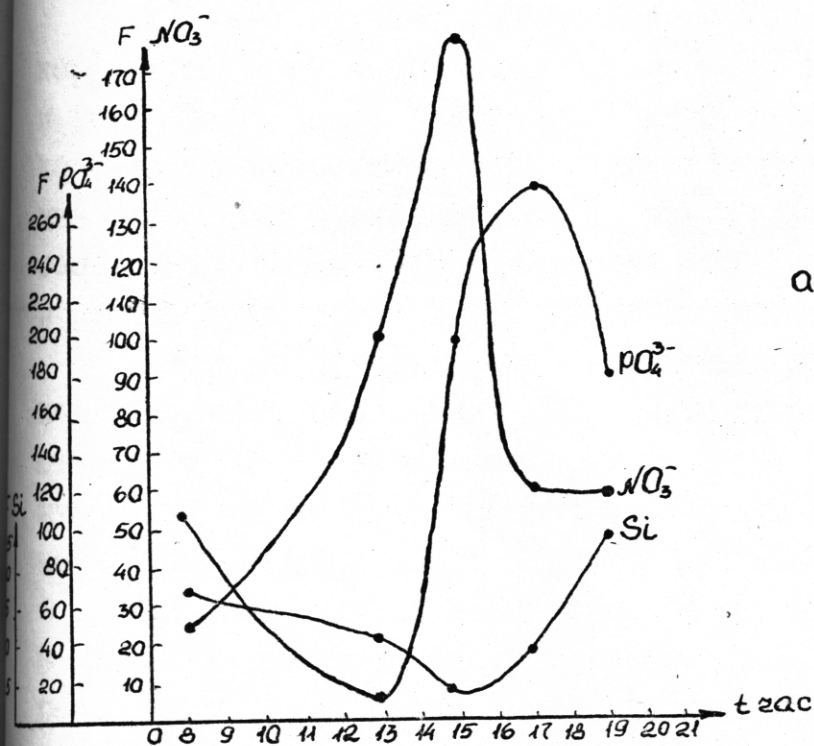


Рис.3. Зависимости фактора обогащения ПМС нитратами, фосфатами, кремнием от времени суток, полученные 1.04.83 г. (а) и 18.07.83 г. (б).

лись в обратной корреляции друг с другом - так, максимум в апреле отмечался в вечернее время (19 час.), минимум - в дневное (15 час.); в июле наблюдалась временная инверсия этих величин - максимум приходился на дневное время (17 час.), минимум - на вечернее (20 час.).

Обращает на себя внимание явно прослеживающаяся обратная корреляция в суточном ходе факторов обогащения ПМС нитратами и фосфатами. Весной экстремальные величины во времени несколько смещены относительно друг друга - минимум фактора обогащения фосфатами приходится на 13 часов, а максимум фактора обогащения нитратами - на 14 часов; минимум фактора для нитратов и максимум фактора для фосфатов зафиксированы в 17 часов.

Нетрудно заметить, что в летнее время кривые суточного хода факторов обогащения ПМС этими ингредиентами представляют зеркальное отображение друг друга - в значениях их экстремумов наблюдается хорошо выраженная обратная корреляция в течение целых суток.

Среди различных процессов, ответственных за накопление неорганических форм азота и фосфора в ПМС называют процессы регенерации этих соединений в результате жизнедеятельности бактерий, входящих в состав органического вещества нейстона /3/. В интенсивности этих процессов имеются свои биологические ритмы /6/, по-видимому, в определенной степени управляющие накоплением биогенных элементов в ПМС. Известно /1/, что при разрушении органического вещества нейстона увеличивается содержание азота и уменьшается - фосфора. Рассчитанные величины отношений концентраций нитратов и фосфатов (в мкг/л N/P) показали, что весной эти величины в ПМС и ПВ варьировали в пределах 0,4-1 и 0,6-1 соответственно, то есть находились примерно на одном уровне. В летнее же время отношение содержаний нитратов и фосфатов в ПМС варьировало в пределах 1-3, значительно превышая эту величину в ПВ, где размах ее варьирования сохранялся на уровне весеннего периода. Сопоставление этих данных показало доминирование процесса разложения поверхностного органического вещества в летний период.

Выводы

1. В ПМС черноморских вод наблюдается аккумуляция неор-

ганических форм биогенных элементов, характеризующая широкими интервалами значений факторов обогащения.

2. Отмечена направленная приуроченность максимальных величин факторов обогащения ПМС микробиогенами к прибрежным акваториям и центру циклонического круговорота.

3. Величины факторов обогащения ПМС биогенами варьируют в течение суток, их максимальные значения независимо от времени года (весна, лето) фиксируются в дневное время.

Литература

1. Безбородов А.А., Еремеев В.Н. Физико-химические аспекты взаимодействия океана и атмосферы. - Киев: Изд. Наукова Думка, 1984, с.191.
2. Михайлов В.И., Катыхин А.Н. Изменение поверхностного натяжения воды в поверхностном микрослое под влиянием синтетических поверхностно-активных веществ (на примере Северной Атлантики). - Тр.ГОИН, 1979, вып.149, с.17-20.
3. Обзорная информация. Современное состояние исследований морской воды у границы раздела с атмосферой. Гидрометеорология. Сер. "Контроль за загрязнением природной среды". ВНИИГМИ-МЦД, 1981, вып.3, с.15-16.
4. Руководство по методам химического анализа морских вод. /Под ред. к.х.н. Орадовского С.Г. - Л.: Гидрометеиздат, 1977, с.208.
5. Симонов А.И., Михайлов В.И. Химическое загрязнение поверхностного микрослоя Мирового океана. - Тр.ГОИН, 1979, вып.149, с.5-16.
6. Экологическая физиология морских планктонных водорослей. - Киев: Изд. Наукова Думка, 1971, с.207.