

1971

ПРОВ 98

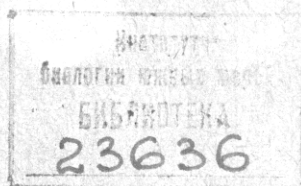
АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО
ОДЕССКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

БИОЛОГИЯ МОРЯ

(Вып. 22)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БИОХИМИЯ
МОРСКИХ ОРГАНИЗМОВ

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКОВА ДУМКА»
КИЕВ — 1971

Ф л о р к э н М. Биохимическая эволюция и физиологическая вариабильность биохимических механизмов у животных. - Тр. I Междунар. биохим. конгр. М., 1962.

Р о г а Е.А. Considerații asupra importanței factorului osmotic și factorului rapid în desfășurarea vieții în Marea neagră. - Hidrobiologia, 3. Ed. Acad. Rep. Pop. Romine, 1961.

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПЛАНКТОНЕ И ВОДЕ
РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНОВ ЧЕРНОГО МОРЯ
З.А.Виноградова, Г.М.Коган

Одним из малоизученных геохимических и биогеохимических процессов, происходящих в гидросфере, является вынос речными водами различных микроэлементов, который зависит от физико-географических условий, площади водосборного бассейна и физико-химических свойств микроэлементов. Мы изучали микроэлементный сток крупнейших впадающих в Черное море рек - Дуная, Днестра, Днепра и Ю.Буга. Водный сток этих рек, содержащий органические вещества и биогенные элементы, ряд исследователей связывает с интенсивностью развития организмов планктона в приустьевых районах (Виноградов, 1956; Коваль, 1962; Иванов, 1965).

Фитопланктон - одна из самых важных в биогеохимическом отношении групп гидробионтов, основной первичный продуцент органического вещества в море и начальное звено пищевой цепи водных организмов. Извлечение и накопление фитопланктоном различных химических элементов (микроэлементов) из воды в значительной степени сказывается на дальнейшей биогенной миграции этих элементов.

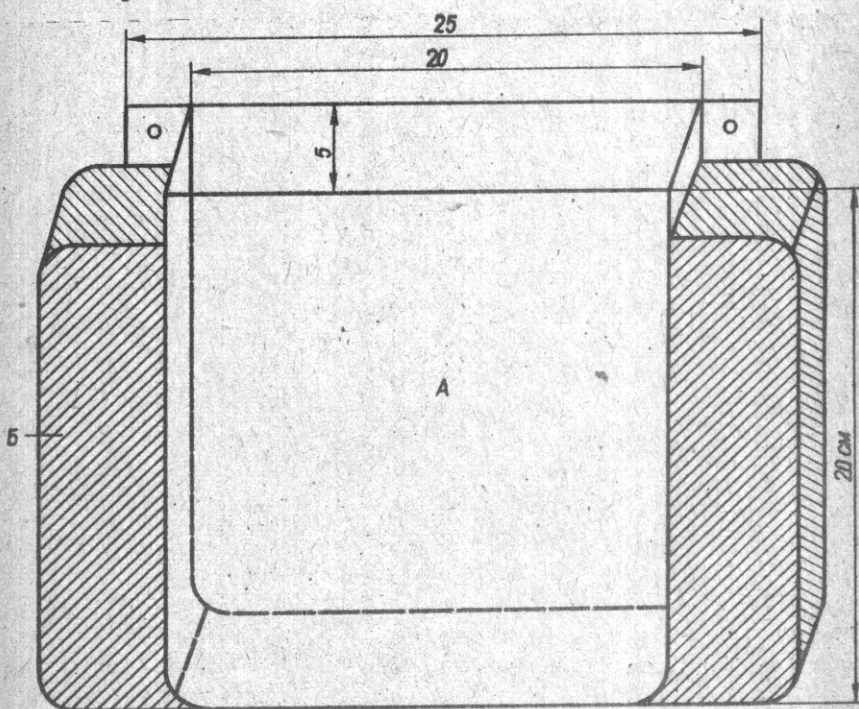
Исследование микроэлементного состава зоопланктона является одним из этапов изучения биогенной миграции химических элементов в море в системе: вода - живые организмы моря - грунты (Виноградова, 1962; Виноградова, Ковальский, 1962).

Весной, летом и осенью 1965 - 1966 гг. с борта научно-исследовательского судна "Милуха-Маклай" были собраны пробы планктона и морской воды в районах гидрофронтон Дуная, Днестра, Ю.Буга и Днепра. Для сравнения собраны также пробы планктона и воды в районах гидрофронтон Риони, Ингури и Чорохи, а также в центральной части Черного моря.

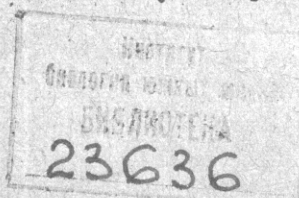
Для получения величины среднегодового микроэлементного стока Ю.Буга, Днепра, Днестра и Дуная в 1966 г. были собраны в них пробы воды в периоды половодья и межени.

Взвешенные в речной воде вещества отфильтровывали через мембранный фильтр № 3, осадок с фильтром высушивали, озоляли методом мокрого сжигания, растворяли плавиковой и соляной кислотами и после полного удаления кремния растворяли в бидистилляте. Экстрагировали микроэлементы из полученного раствора по известной методике (Еременко, 1960).

Морскую воду собирали с горизонта 10 м батометром Молчанова, металлические части которого были покрыты эпоксидной смолой, и с горизонта 0-3 см плоским сосудом из органического стекла (рис.1). Морскую воду освобождали от взвеси фильтра-



Сосуд для сбора воды с горизонта 0-3 см:
А - сосуд из оргстекла, Б - пенопластовые поплавки.



нием через мембранный фильтр № 3 (размер пор около 0,7 мк), так как средний размер взвешенных частиц в Черном море довольно крупный (Емельянов, 1962). В фильтрате определяли микроэлементы, находящиеся в органической и минеральной растворенных формах, а также частично в коллоидном состоянии.

Экстрагирование микроэлементов из морской воды усложняется наличием "минерализационного комплекса" (Беляев, 1965). Для устранения влияния этого комплекса и предотвращения образования флотации при последующем повышении pH к морской воде добавляли аммонийно-ацетатный буфер (pH 4,8) большой емкости. В остальном придерживались методики, описанной Еременко.

Пробы планктона собирали синхронно с морской водой сетью Джеди из газа № 67, затем последовательно фильтровали через сачки из газа № 38, 51, 67. На верхнем сачке из газа № 38 после многократного промывания морской водой оставались крупные зооформы, на среднем — мелкие зооформы, а на нижнем из газа № 67 — фитоформы. Анализу подвергались пробы фитопланктона, собранные в период "цветения" воды, и зоопланктона, в которых доминирующий вид составлял 90–95%. Следует отметить неизбежное влияние на результаты анализов бактерий, находящихся в пробе и сопутствующих тому или иному виду. Учесть это влияние вследствие несовершенства существующих методов сбора проб в настоящее время не представляется возможным. Все результаты анализов подвергнуты статистической обработке, проверено подчинение результатов количественного спектрального анализа закону нормального распределения ошибок, вычислен доверительный интервал и, при необходимости, — достоверность различий.

Железо. Содержание железа во взвешенных веществах увеличивается в ряду рек: Ю.Буг, Днепр, Днестр, Дунай. Названные реки выносят в море со взвешенными веществами около $2,8 \cdot 10^6$ т железа в год. Делая этот расчет и в последующем, мы учитывали, что около 25% взвешенных веществ оседает в дельтах рек (Скопинцев, Попова, 1965).

Содержание растворенного железа увеличивается в ряду рек: Ю.Буг, Днестр, Дунай, Днепр. Обращает на себя внимание повышенное количество растворенного железа в воде Днепра, в 3–4 раза большее, чем в воде других изученных рек. Убедительное объяснение этому явлению приводит М.А.Глаголева (1959), говоря о влия-

нии кислых болотистых почв, дренируемых верхним течением Днепра. Вероятно, содержание железа и других микроэлементов в воде Днепра связано с промышленным стоком. Всего указанные реки выносят в Черное море около $1,3 \cdot 10^4$ т растворенного железа в год (табл. I).

Сравнивая результаты анализов проб воды, собранной в различных районах Черного моря, можно сделать вывод, что с морской стороны всех изученных гидрофронтот, а также в центральной части моря в поверхностном слое воды (0-3 см) содержится больше растворенного железа, чем на глубине 10 м. В распределении железа отмечаются весьма четкие сезонные отличия: летом, особенно в поверхностном слое, всегда больше железа, чем в другие сезоны года, однако осенью на горизонте 0-3 см у Днепровско-Бугского гидрофронта и весной у Дунайского гидрофронта также найдено значительное количество растворенного железа (50,4 - 62,2 мкг/л). Следует отметить, что М.А.Добрянская и Т.И.Пшенина (1958) на двух станциях в северо-западной части Черного моря и на одной в восточной части также обнаружили в поверхностном слое воды (0 м) больше железа, чем в нижележащих слоях. В.В.Мокиевская (1960) на некоторых станциях в поверхностных слоях воды обнаружила (ст. 194, 180, 179 и 194) увеличение количества растворенного и коллоидного железа.

При сравнении содержания железа в воде различных участков Черного моря заметно географическое различие в содержании этого элемента. По уменьшению количественного содержания железа изученные районы можно расположить в следующий ряд: Днепровско-Бугский, Дунайский, Днестровский, гидрофронты рек Риони, Ингури, Чорохи и центральная часть Черного моря.

Некоторые исследователи (Кобленц-Мишке, 1954; Лисицын, 1964) указывают, что железо может быть лимитирующим фактором в развитии диатомовых водорослей. Однако в районах речных гидрофронтот, где наблюдается интенсивное развитие фитопланктона, недостатка в железе нами не обнаружено, и лимитирующим фактором здесь может являться нарушение соотношений железа с другими микроэлементами (Виноградова, 1964).

Организмы фитопланктона - *Aphanizomenon flos-aquae*, *Nitzschia seriata*, *Skeletonema costatum*, *Cyclotella caspia* осенью содержат больше железа, чем в другие сезоны года. Наряду с сезонными различиями нами отмечены и географические отличия (Ви-

Головой сток некоторых микроэлементов

Элемент	Ю. Буг		Днепр		Днестр		Дунай	
	мкг/л	т/год	мкг/л	т/год	мкг/л	т/год	мкг/л	т/год
Железо	27,2±5,70	71±15	116,3±5,86	5059±255	30,2±2,40	314±25	38,8±0,18	7880±36
Медь	7,6±2,71	20±7	7,0±1,28	304±56	4,1±0,43	43±4,5	7,5±0,07	1510±15
Марганец	9,7±1,62	25±4	11,1±3,49	480±152	42,5±4,87	443±51	19,5±0,30	3960±60
Ванадий	2,7±0,44	7±1	4,8±0,60	209±26	1,3±0,16	13±2	3,9±0,05	782±10
Молибден	3,4±0,42	9±1	1,4±0,18	61±8	-	-	-	-
Кобальт	3,3±0,91	9±2	4,5±1,24	196±54	-	-	-	-
Никель	4,5±0,89	12±2	4,9±0,92	213±42	2,9±0,15	30±1,6	3,9±0,05	782±10
Титан	-	-	1,4±0,21	61±9	4,4±0,45	46±4,7	2,3±0,02	457±4
Свинец	-	-	2,2±0,55	96±2	1,2±0,58	13±6,0	1,6±0,01	324±2
Серебро	1,1±0,24	3±0,6	1,4±0,19	61±8	0,7±0,04	7±0,4	0,4±0,01	81±2

Примечание. (-) не обнаружено.

ноградова, Коган, 1966) в содержании этого элемента в организмах фито- и зоопланктона. В коэффициентах накопления железа организмами фитопланктона отмечаются сезонные и географические различия. Интересно, что коэффициенты накопления железа организмами зоопланктона почти всегда больше, чем коэффициенты накопления железа организмами фитопланктона, собранными одновременно в одной точке.

Медь. Реки Дунай, Днепр, Днестр и Южный Буг выносят в море около $3,4 \cdot 10^3$ т меди в год со взвешенными веществами и около $1,9 \cdot 10^3$ т в год в растворенном состоянии.

Отношение $Fe : Cu$ во взвешенных веществах изученных рек колеблется в довольно широких пределах (табл. 2), причем в период половодья оно больше, чем в период межени, в то время как отношение этих элементов, находящихся в растворенной форме, для каждой реки относительно постоянно в разные гидрологические сезоны.

Содержание меди в изученных районах Черного моря колебалось от 1,4 до 25,9 мкг/л. В воде Азовского моря оно может достигать 24 мкг/л (Рожанская, 1965). В водах Тихого и Атлантического океанов колебания больше - от 0,4 до 90 мкг/л (Biley, 1937; Chow, Thompson, 1952, 1954; Atkins, 1953).

В поверхностном слое воды у гидрофронтов и в центральной части Черного моря медь обнаружена нами в большем количестве, чем на глубине 10 м.

Весьма четки сезонные изменения содержания меди в изученных районах моря. Как правило, летом в воде меди больше, чем в другие сезоны года. Аналогичные данные получены при изучении содержания меди в водах Тихого океана (Chow, Thompson, 1952, 1954/).

В летних пробах синезеленых водорослей *Aphanizomenon flos-aquae* меди меньше, чем в осенних пробах (см. табл. 5). Соответственно изменяются коэффициенты накопления меди организмами фитопланктона и собранными синхронно с ними организмами зоопланктона - мелкими копеподами. Подобная закономерность отмечена в период интенсивного развития, "цветения" диатомовых водорослей. Коэффициенты накопления железа и меди диатомовыми водорослями и мелкими копеподами согласуются с данными, рассчитанными З.А. Виноградовой (1964).

Таблица 2

Величина соотношения некоторых микроэлементов, мигрирующих в растворенной и взвешенной формах

Реки	Сезон	Fe:Cu		Fe:Mn		Co:Ni		Ti:Ni	
		Взвесь	Вода	Взвесь	Вода	Взвесь	Вода	Взвесь	Вода
Днепр	Межень	330	20	30	11	0,5	0,9	41	0,3
	Половодье	530	15	30	3	0,3	0,9	50	0,3
Ю.Буг	Межень	86	4	29	3	2	0,7	34	-
	Половодье	215	3	29	3	2	0,7	41	-
Днестр	Межень	550	8	28	0,8	-	-	57	1,6
	Половодье	627	7	28	0,6	-	-	57	1,5
Дунай	Межень	620	5	27	2	0,2	-	42	0,8
	Половодье	919	6	31	2	0,3	-	18	0,5

Среднее содержание некоторых микроэлементов
в воде различных районов Черного моря (в мкг/л)

Эле- мент	Глу- бина, м	Днепровско-Бугский гидрофронт			Днестровский гидрофронт	
		Весна	Лето	Осень	Весна	Лето
Fe	0	26,7±0,24	58,5±0,47	55,7±0,19	14,9±0,43	63,1±0,94
	10	23,3±2,34	40,3±0,45	28,9±2,25	12,1±0,48	48,2±0,22
Cu	0	14,6±0,14	23,3±0,29	11,2±0,11	3,5±0,04	6,4±0,07
	10	12,5±1,32	16,3±0,10	8,8±0,14	2,4±0,04	5,9±0,42
Mn	0	11,6±0,42	7,0±0,41	18,1±0,15	26,6±5,70	58,5±0,73
	10	9,6±0,76	6,3±0,97	15,1±0,14	21,5±0,49	46,1±0,68
V	0	3,9±0,06	5,5±0,55	4,3±0,04	5,6±0,11	0,9±0,02
	10	3,4±0,81	4,7±0,51	3,5±0,32	4,8±0,07	1,0±0,02
Mo	0	0,8±0,03	1,3±0,03	0,6±0,07	0,7±0,02	-
	10	0,6±0,09	1,4±0,15	0,5±0,01	0,5±0,06	-
Co	0	1,8±0,05	2,7±0,04	3,1±0,04	-	-
	10	0,8±0,04	2,1±0,05	2,8±0,19	-	-
Ni	0	3,8±0,06	2,7±0,09	3,5±0,05	1,2±0,05	3,1±0,12
	10	2,1±0,07	3,6±0,04	3,4±0,30	0,8±0,04	3,2±0,05
Ti	0	1,9±0,29	1,7±0,16	1,5±0,08	8,2±0,10	3,9±0,04
	10	1,1±0,06	1,1±0,14	1,5±0,15	5,2±0,82	1,8±0,27
Sn	0	1,5±0,14	1,3±0,06	1,2±0,21	1,4±0,05	-
	10	1,2±0,07	1,2±0,02	1,3±0,12	4,1±0,27	-
Pb	0	3,3±0,32	3,2±0,08	2,3±0,02	2,4±0,08	-
	10	2,9±0,42	2,4±0,04	2,8±0,03	1,1±0,08	-
Ag	0	0,2±0,03	0,6±0,02	0,3±0,02	0,9±0,02	1,7±0,09
	10	0,2±0,05	0,3±0,02	0,1±0,01	0,8±0,04	1,5±0,06

Примечание. (-) - не обнаружено.

Днестровский гидрофронт		Дунайский гидрофронт		
Осень	Зима	Весна	Лето	Осень
18,9±0,47	8,2±0,44	62,2±0,51	57,2±0,61	15,3±0,06
15,2±0,32	6,1±0,12	35,4±4,69	30,6±1,33	11,1±1,38
4,3±0,65	1,7±0,85	10,2±0,47	8,8±0,17	3,8±0,15
2,6±0,05	1,4±0,52	5,8±0,76	4,6±0,63	1,9±0,02
33,2±0,29	15,2±3,19	19,7±0,74	22,4±0,57	10,7±0,13
16,5±0,18	8,4±0,82	8,7±0,33	9,9±0,56	6,6±0,13
3,7±0,22	1,6±0,45	3,2±0,20	19,4±0,45	1,9±0,09
1,9±0,03	1,4±0,19	2,2±0,06	11,1±0,18	1,0±0,02
1,6±0,30	0,9±0,04	-	1,9±0,12	-
1,5±0,09	0,6±0,08	2,9±0,08	1,1±0,05	3,1±0,56
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
0,9±0,07	1,4±0,55	4,3±0,37	1,1±0,13	3,5±0,41
0,7±0,09	0,8±0,16	2,4±0,03	1,9±0,05	3,3±0,61
2,6±0,19	1,5±0,28	2,4±0,29	2,8±0,09	2,4±0,04
1,9±0,20	0,8±0,14	1,5±0,12	0,6±0,04	1,6±0,07
4,4±0,06	-	-	3,6±0,82	-
4,8±0,09	-	-	5,1±0,46	2,2±0,13
1,9±0,24	1,9±0,63	3,9±0,18	1,9±0,07	-
1,1±0,09	1,1±0,01	1,6±0,02	1,0±0,04	1,2±0,06
0,6±0,02	-	-	4,8±0,29	-
0,4±0,06	-	-	3,8±0,24	-

Гидрофронты рек			Центральная часть моря	
Чорохи	Риони	Ингури		
Лето	Лето	Лето	Весна	Лето
18,1±0,59	63,7±1,62	25,9±0,76	9,6±0,17	21,8±1,61
16,8±0,94	16,8±0,48	7,2±0,61	9,2±0,41	1,3±0,15
6,7±0,09	7,8±0,09	4,6±0,12	25,9±0,27	3,1±0,08
1,4±0,08	3,1±0,42	2,7±0,18	8,4±0,32	2,4±0,16
5,9±0,08	3,2±0,19	3,6±0,45	1,6±0,04	4,0±0,83
6,5±0,09	2,8±0,15	2,9±0,09	0,7±0,05	0,8±0,05
1,1±0,05	1,3±0,13	9,0±0,87	0,8±0,03	0,2±0,08
1,4±0,03	0,9±0,05	8,0±0,56	0,4±0,01	0,5±0,06
2,9±0,14	-	1,6±0,09	1,6±0,04	2,5±0,70
2,9±0,08	-	2,1±0,03	0,6±0,02	0,4±0,04
1,6±0,28	-	-	-	-
1,6±0,19	-	-	-	-
2,9±0,36	1,9±0,08	2,5±0,12	4,8±0,25	3,1±0,12
2,2±0,19	2,3±0,45	2,1±0,07	1,5±0,16	0,9±0,06
2,5±0,02	2,8±0,09	1,6±0,04	1,8±0,19	1,8±0,15
1,5±0,03	2,5±0,03	2,1±0,05	0,8±0,06	0,2±0,03
2,9±0,60	3,9±0,09	3,6±0,14	-	-
2,9±0,05	3,4±0,07	4,5±0,05	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
0,5±0,01	0,6±0,01	0,3±0,02	0,2±0,03	1,0±0,07
0,6±0,04	0,5±0,01	0,6±0,02	-	-

Марганец. Дунай, Днепр, Днестр и Ю.Буг выносят в море около $9,2 \cdot 10^4$ т в год марганца со взвешенными веществами и около $4,9 \cdot 10^3$ т растворенного в воде.

Отношение $Fe : Mn$ во взвешенных веществах относительно постоянно для всех изученных рек и равно примерно 30. Такую же величину соотношения этих элементов указывает и А.П.Виноградов (1957) для почв. Соотношение растворенных железа и марганца относительно постоянно для каждой изученной реки.

В распределении марганца по горизонтам найдена та же закономерность, что для железа и меди: в поверхностном слое воды марганца почти всегда содержится больше, чем на глубине 10 м.

Содержание марганца в изученных районах колебалось от 0,7 до 58,5 мкг/л. По данным Л.И.Рожанской (1967), в Азовском море содержание марганца колеблется в пределах 1,8 - 42,6 мкг/л, по Thompson, Wilson (1935), в водах Тихого океана - от 1 до 10 мкг/л. Таким образом, найденные нами величины содержания марганца в воде разных участков Черного моря одного порядка с содержанием этого элемента в водах других морей и океанов и согласуются с данными по Черному морю, приведенными в работах других авторов (Мокиевская, 1960; Скопинцев и Попова, 1965; Орадовский, 1966) (табл. 3, 4).

Сезонное распределение марганца в каждом районе имеет свои характерные особенности: у Днепровско-Бугского гидрофронта осенью, у Днестровского гидрофронта летом, а у Дунайского весной и летом растворенного марганца в воде больше, чем в другие сезоны года.

Наибольшее количество марганца (58,5 мкг/л) обнаружено в районе Днестровского гидрофронта. Затем в ряду уменьшения содержания марганца располагаются гидрофронты: Дунайский, Днепровско-Бугский, Чорохи, Риони, Ингури и центральная часть моря.

Сезонные и географические различия в содержании марганца в воде повторяются в фито- и зоопланктоне (табл. 5, 6). Соответственно изменяются и коэффициенты накопления марганца организмами планктона (табл. 7).

Ванадий. Дунай, Днепр, Днестр и Ю.Буг выносят в море во взвешенном состоянии около 2170 т ванадия в год и в растворенном около 1010 т.

Соотношения некоторых химических элементов в воде различных районов Черного моря

Район сбора	Сезон	Fe : Cu		Fe : Mn		Co : Ni		Ni : Ti		V : Mn	
		0*	10	0	10	0	10	0	10	0	10
Днепро-Бугский гидрофронт	Весна	1,8	1,9	2,3	2,4	0,5	0,4	2,0	1,9	3,0	2,8
	Лето	2,5	2,5	8,3	5,3	1,0	0,6	1,6	3,3	1,3	1,3
	Осень	5,0	3,2	3,1	1,9	0,9	0,9	2,3	2,0	4,2	4,3
Днестровский гидрофронт	Весна	4,3	5,0	0,6	0,6	-	-	0,1	0,2	4,8	4,5
	Лето	9,8	8,2	1,1	1,0	-	-	0,8	1,8	63,8	46,1
	Осень	4,4	5,8	0,6	0,9	-	-	0,4	0,3	9,0	8,7
	Зима	4,8	4,4	0,5	0,7	-	-	0,9	1,0	9,5	6,0
Дунайский гидрофронт	Весна	6,1	6,1	3,2	4,1	-	-	0,6	0,5	6,2	3,9
	Лето	6,5	6,1	2,6	3,2	-	-	0,02	0,08	1,5	0,9
	Осень	4,0	5,8	1,4	1,7	-	-	1,5	1,6	5,6	6,6
Разрез мыс Сарыч - мыс Инебогу	Весна	1,6	3,0	6,1	13,0	0,5	-	2,7	2,0	2,0	20,0
	Лето	2,6	0,5	5,5	1,6	0,5	-	1,6	4,5	1,8	1,6
	Осень	2,5	12,0	3,1	2,7	0,5	0,5	1,2	2,2	5,0	4,5
Риони	Лето	8,2	5,4	20,0	6,0	-	-	0,6	0,9	3,0	3,0
Ингури	Лето	5,6	2,7	7,2	2,5	-	-	1,6	1,1	0,4	0,3

* Горизонт - в м.

М.А.Глаголева (1959) не обнаружила в этих реках ванадия в растворенной форме. Некоторые различия в полученных Г.С.Коноваловым с сотр. (1966) и нами данных в содержании микроэлементов в исследованных реках могут быть объяснены различием в методах сбора проб и сроках проведения анализов: мы собирали воду в полиэтиленовую посуду и анализировали на 2-3-й день после сбора, а Г.С.Коновалов и др. собирали ее в стеклянную посуду и анализировали значительно позже.

Летом ванадия в воде больше, чем в другие сезоны года, однако у Днестровского гидрофронта осенью его больше; видимо, это связано с интенсивным развитием диатомовой водоросли *Nitzschia seriata*, накапливающей ванадий в значительно больших количествах, чем другие организмы фитопланктона.

В районах кавказских гидрофронтов летом найдены небольшие количества ванадия, за исключением гидрофронта р.Ингури, что, вероятно, связано с "цветением" воды диатомовыми водорослями *Thalassionema nitzschioides*, *Rhizosolenia calcar avis*, также накапливающими ванадий в значительных количествах.

В пробах зоопланктона, собранных синхронно с водой и фитопланктоном, содержание и коэффициенты накопления ванадия у Днестровского гидрофронта были большими, чем у Дунайского и Днепровско-Бугского гидрофронтов.

Молибден. Дунай, Днепр, Днестр и Ю.Буг выносят в море со взвешенными веществами около 1070 т молибдена в год. В растворенном виде молибден найден нами только в Днепре и Ю.Буге, в морской воде у Днестровского гидрофронта и гидрофронта р.Риони (летом) не обнаружен.

В пробах фитопланктона, где доминирующим видом была синезеленая водоросль *Aphanizomenon flos-aquae*, содержалось в 6-6,5 раза больше этого элемента, чем в пробах синезеленой водоросли *Microcystis aeruginosa*.

Количественное содержание молибдена в организмах фито- и зоопланктона, а также коэффициенты накопления его испытывают сезонные и географические отличия.

Кобальт. Дунай, Днепр и Ю.Буг выносят в море во взвешенном виде около 850 т кобальта в год, а Днепр и Ю.Буг, - около 205 т растворенного кобальта. Взвешенные вещества воды Ю.Буга

Таблица 5'

Содержание некоторых хими

Район сбора (гидрофронт)	Дата сбора	Видовой состав	Коли- чест- во опре- деле- ний	Железо
Днепровско- Бутский	24.VI 1965	<i>Aphanizomenon</i> <i>flos-aquae</i>	4	$1,16 \pm 0,01$
То же	26.IX 1965	То же	4	$2,21 \pm 0,01$
" "	29.VII 1966	<i>Microcystis</i> <i>aeruginosa</i>	4	$1,08 \pm 0,41$
" "	4.V 1966	<i>Nitzschia seri-</i> <i>ata</i>	4	$0,85 \pm 0,17$
Днестровский	23.IV 1966	То же	5	$0,31 \pm 0,06$
"	5.IX 1966	" "	4	$1,04 \pm 0,03$
Дунайский	25.IV 1966	" "	5	$0,29 \pm 0,08$
Днестровский	10.III 1965	<i>Skeletonema</i> <i>costatum</i>	4	$0,77 \pm 0,08$
Дунайский	30.III 1965	То же	6	$0,95 \pm 0,01$
"	24.IX 1965	" "	6	$1,12 \pm 0,04$
Днестровский	21.VI 1965	<i>Cyclotella</i> <i>cas-</i> <i>pia</i>	3	$1,14 \pm 0,03$
"	25.IX 1965	То же	3	$2,41 \pm 0,08$
дунайский	16.VI 1965	<i>Thalassionema</i> <i>nitzschoides</i>	6	$1,04 \pm 0,05$
Риони	1.VIII 1965	То же	3	$1,31 \pm 0,06$
Дунайский	18.IX 1966	<i>Chaetoceros</i> <i>curvisetus</i>	4	$2,81 \pm 0,07$
Чорохи	1.VIII 1965	То же	4	$3,35 \pm 0,52$
Днестровский	25.IX 1965	<i>Noctiluca mili-</i> <i>aris</i>	5	$1,43 \pm 0,09$

ческих элементов в фитопланктоне районов гидрофронтон Черного

Мель ($n \cdot 10^{-2}$)	Марганец ($n \cdot 10^{-2}$)	Ванадий ($n \cdot 10^{-3}$) :	Молибден ($n \cdot 10^{-3}$)	Кобальт ($n \cdot 10^{-3}$)
10,3 $\pm$ 0,05	3,2 $\pm$ 0,14	2,5 $\pm$ 0,06	4,4 $\pm$ 0,11	9,1 $\pm$ 0,01
17,7 $\pm$ 0,19	6,3 $\pm$ 0,49	2,8 $\pm$ 0,01	4,7 $\pm$ 0,09	9,2 $\pm$ 0,26
8,9 $\pm$ 0,09	13,2 $\pm$ 0,46	4,2 $\pm$ 0,12	0,7 $\pm$ 0,01	6,1 $\pm$ 0,23
4,5 $\pm$ 0,09	6,7 $\pm$ 0,84	3,2 $\pm$ 0,05	3,1 $\pm$ 0,05	-
1,2 $\pm$ 0,09	29,3 $\pm$ 1,61	15,1 $\pm$ 0,72	0,8 $\pm$ 0,01	-
3,8 $\pm$ 0,02	21,4 $\pm$ 0,27	12,1 $\pm$ 0,35	0,6 $\pm$ 0,01	-
1,9 $\pm$ 0,07	0,4 $\pm$ 0,11	1,9 $\pm$ 0,05	-	-
1,8 $\pm$ 0,03	5,9 $\pm$ 0,06	0,2 $\pm$ 0,01	-	-
2,1 $\pm$ 0,04	9,4 $\pm$ 0,02	0,1 $\pm$ 0,01	0,3 $\pm$ 0,01	-
2,7 $\pm$ 0,02	11,3 $\pm$ 0,01	-	2,1 $\pm$ 0,03	-
1,2 $\pm$ 0,01	0,3 $\pm$ 0,01	4,0 $\pm$ 0,01	-	-
2,3 $\pm$ 0,07	0,7 $\pm$ 0,04	4,1 $\pm$ 0,05	8,5 $\pm$ 0,16	-
18,5 $\pm$ 0,19	4,4 $\pm$ 0,01	2,4 $\pm$ 0,06	1,7 $\pm$ 0,09	0,6 $\pm$ 0,01
4,8 $\pm$ 0,05	1,4 $\pm$ 0,03	11,5 $\pm$ 0,28	2,9 $\pm$ 0,19	-
8,4 $\pm$ 0,03	1,5 $\pm$ 0,12	4,9 $\pm$ 0,08	-	-
9,7 $\pm$ 0,61	3,3 $\pm$ 0,12	1,5 $\pm$ 0,05	2,8 $\pm$ 0,13	2,4 $\pm$ 0,16
3,1 $\pm$ 0,42	16,2 $\pm$ 0,18	3,3 $\pm$ 0,02	6,3 $\pm$ 0,21	-

моря (в % на золу)

Никель ($\text{п} \cdot 10^{-3}$)	Титан ($\text{п} \cdot 10^{-2}$)	Олово ($\text{п} \cdot 10^{-2}$)	Свинец ($\text{п} \cdot 10^{-2}$)	Серебро ($\text{п} \cdot 10^{-3}$)
12,1 $\pm$ 1,31	3,1 $\pm$ 0,15	3,5 $\pm$ 0,08	2,8 $\pm$ 0,12	3,8 $\pm$ 0,01
18,4 $\pm$ 1,42	2,9 $\pm$ 0,06	4,2 $\pm$ 0,13	3,1 $\pm$ 0,08	4,1 $\pm$ 0,06
25,3 $\pm$ 3,37	6,9 $\pm$ 0,19	-	4,2 $\pm$ 0,07	-
24,2 $\pm$ 0,69	23,2 $\pm$ 0,08	8,1 $\pm$ 0,06	1,4 $\pm$ 0,03	-
1,3 $\pm$ 0,07	27,8 $\pm$ 0,81	6,3 $\pm$ 0,14	-	0,4 $\pm$ 0,01
1,0 $\pm$ 0,01	20,1 $\pm$ 0,68	6,3 $\pm$ 0,11	-	0,5 $\pm$ 0,03
16,2 $\pm$ 0,25	18,9 $\pm$ 0,19	-	-	-
9,1 $\pm$ 0,14	9,9 $\pm$ 0,08	2,1 $\pm$ 0,05	5,3 $\pm$ 0,09	-
1,5 $\pm$ 0,17	1,5 $\pm$ 0,14	2,4 $\pm$ 0,31	4,8 $\pm$ 0,14	-
1,6 $\pm$ 0,30	1,4 $\pm$ 0,12	1,1 $\pm$ 0,13	1,2 $\pm$ 0,06	1,4 $\pm$ 0,09
8,4 $\pm$ 0,09	17,3 $\pm$ 0,19	-	10,6 $\pm$ 1,05	-
10,1 $\pm$ 0,11	21,2 $\pm$ 0,71	10,9 $\pm$ 0,01	8,1 $\pm$ 0,04	-
1,1 $\pm$ 0,13	5,1 $\pm$ 0,08	6,3 $\pm$ 0,09	16,1 $\pm$ 0,21	1,6 $\pm$ 0,01
1,5 $\pm$ 0,06	1,1 $\pm$ 0,05	1,7 $\pm$ 0,04	-	1,2 $\pm$ 0,03
11,4 $\pm$ 0,31	21,1 $\pm$ 0,48	9,7 $\pm$ 0,15	42,1 $\pm$ 0,32	1,3 $\pm$ 0,02
1,7 $\pm$ 0,08	0,9 $\pm$ 0,01	1,4 $\pm$ 0,01	-	3,1 $\pm$ 0,04
12,4 $\pm$ 0,66	4,7 $\pm$ 0,13	1,2 $\pm$ 0,03	-	-

Район сбора (гидрофронт)	Объект	Количество определений	Железо	Медь ($n \cdot 10^{-2}$)
Днепроовско- Бугский	<i>Pseudocalanus elongatus</i>	3	0,79±0,08	2,0±0,07
То же	Мелкие копеподы	15	2,9±0,07	3,2±0,09
Днеостровский	<i>Acartia clausi</i>	6	0,84±0,03	0,9±0,01
"	Мелкие копеподы	29	2,22±0,14	1,8±0,04
Дунайский	Мелкие копеподы	20	2,9±0,08	1,9±0,03
Центральная часть моря	Мелкие копеподы	8	2,4±0,07	2,2±0,07
То же	<i>Calanus helgolan- dicus</i>	9	0,75±0,05	33,6±0,87

Таблица 6

некоторых микроэлементов в зоопланктоне Черного моря (в % на золу)

Марганец ($\mu \cdot 10^{-2}$)	Ванадий ($\mu \cdot 10^{-3}$)	Молибден ($\mu \cdot 10^{-3}$)	Кобальт ($\mu \cdot 10^{-3}$)	Никель ($\mu \cdot 10^{-3}$)
2,3 $\pm$ 0,06	0,2 $\pm$ 0,01	-	0,3 $\pm$ 0,01	8,3 $\pm$ 0,19
4,1 $\pm$ 0,11	3,9 $\pm$ 0,11	3,4 $\pm$ 0,10	1,2 $\pm$ 0,04	12,1 $\pm$ 0,15
2,0 $\pm$ 0,07	2,6 $\pm$ 0,08	-	-	1,3 $\pm$ 0,03
2,5 $\pm$ 0,06	2,9 $\pm$ 0,08	1,5 $\pm$ 0,05	-	8,6 $\pm$ 0,14
4,0 $\pm$ 0,13	4,0 $\pm$ 0,19	-	-	28,1 $\pm$ 1,25
3,4 $\pm$ 0,10	4,2 $\pm$ 0,17	2,0 $\pm$ 0,02	1,4 $\pm$ 0,04	9,3 $\pm$ 0,16
2,5 $\pm$ 0,08	2,1 $\pm$ 0,03	1,2 $\pm$ 0,06	-	21,4 $\pm$ 2,30

Титан ($n \cdot 10^{-2}$)	Олово ($n \cdot 10^{-3}$)	Свинец ($n \cdot 10^{-2}$)	Серебро ($n \cdot 10^{-3}$)
$0,7 \pm 0,06$	$1,3 \pm 0,08$	$7,2 \pm 0,09$	-
$4,9 \pm 0,23$	$3,9 \pm 0,10$	$1,5 \pm 0,03$	$3,0 \pm 0,03$
$0,5 \pm 0,01$	$2,5 \pm 0,02$	$1,2 \pm 0,05$	$1,3 \pm 0,04$
$1,8 \pm 0,07$	$2,3 \pm 0,02$	$0,5 \pm 0,05$	$1,2 \pm 0,06$
$4,5 \pm 0,13$	$4,3 \pm 0,10$	$2,3 \pm 0,12$	$1,4 \pm 0,07$
$1,9 \pm 0,04$	$3,5 \pm 0,06$	$1,6 \pm 0,02$	$0,8 \pm 0,01$
$1,0 \pm 0,02$	$2,2 \pm 0,07$	$3,1 \pm 0,08$	$0,6 \pm 0,01$

Коэффициенты накопления

Район сбора (гидрофронт)	Дата сбора	Объект	Количество определений
Днепроовско- Бугский		<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	4
То же	24.VI 1965	Мелкие копеподы	3
		<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	4
" "	26.IX 1965	Мелкие копеподы	3
		<i>Nitzschia seriata</i>	4
" "	4.V 1966	Мелкие копеподы	3
		<i>Microcystis aeruginosa</i>	4
" "	29.VIII 1966	Мелкие копеподы	3
		<i>Cyclotella caspia</i>	3
Днестровский	21.VI 1965	Мелкие копеподы	3
		<i>Cyclotella caspia</i>	3
" "	25.IX 1965	Мелкие копеподы	29
		<i>Skeletonema costatum</i>	4
" "	10.III 1965	<i>Acartia clausi</i>	6
		<i>Nitzschia seriata</i>	4
" "	23.IV 1966	Мелкие копеподы	3
		<i>Skeletonema costatum</i>	6
Дунайский	30.III 1965	Мелкие копеподы	45
		<i>Skeletonema costatum</i>	6
" "	24.IX 1965	Мелкие копеподы	5
		<i>Nitzschia seriata</i>	5
" "	25.IV 1966	Мелкие копеподы	5
		<i>Chaetoceros curvisetus</i>	4
" "	18.IX 1966	Мелкие копеподы	5

некоторых микроэлементов организмами фито- и зоопланктона Черного

Железо ($\mu \cdot 10^2$)	Медь ($\mu \cdot 10^4$)	Марганец ($\mu \cdot 10^3$)	Ванадий ($\mu \cdot 10^3$)	Молибден ($\mu \cdot 10^4$)	Кобальт ($\mu \cdot 10^4$)
4,3	8,6	29,0	7,0	5,5	18,0
5,5	2,0	27,0	7,5	4,7	2,2
7,9	51,0	51,0	15,0	9,4	12,0
14,0	13,0	37,0	70,0	71,4	1,4
7,1	3,2	8,7	10,0	51,4	-
12,0	1,3	42,0	9,4	53,0	2,1
1,6	2,9	41,0	6,3	0,8	4,3
6,7	1,2	16,0	6,8	3,4	0,9
7,6	2,1	0,9	30,0	-	-
20,0	3,6	8,2	26,0	10,0	-
16,0	6,2	1,9	47,0	10,0	-
25,0	7,8	9,5	47,0	10,0	-
4,8	12,0	26,0	0,6	-	-
5,2	6,0	8,7	8,4	-	-
2,0	3,0	83,0	75,0	1,0	-
6,5	2,7	6,2	14,0	1,9	-
3,1	4,1	67,0	0,8	0,1	-
3,9	1,9	15,0	20,0	-	-
12,0	27,0	15,0	-	1,9	-
14,0	10,0	28,0	33,0	-	-
0,7	1,6	1,8	4,7	-	-
2,2	1,6	10,0	5,2	-	-
32,0	4,9	20,0	49,0	-	-
47,0	15,0	87,0	49,0	-	-

Продолжение табл. 7.

моря (в % на золу)

Никель ($\cdot 10^{-4}$)	Титан ($\cdot 10^{-4}$)	Олово ($\cdot 10^{-4}$)	Свинец ($\cdot 10^{-4}$)	Серебро ($\cdot 10^{-4}$)
12,0	15,0	29,0	11,0	19,0
11,0	17,0	2,9	4,4	-
90,0	26,0	10,0	28,0	41,0
60,0	49,0	-	17,0	46,0
20,0	19,0	58,0	3,3	-
1,0	34,0	2,9	3,1	5,0
83,0	46,0	-	15,0	-
40,0	41,0	3,0	6,4	4,0
21,0	100,0	-	-	-
22,0	9,4	1,8	9,1	1,2
50,0	210,0	3,1	100,0	-
44,0	11,0	0,4	10,0	3,3
6,5	16,0	15,0	19,0	-
0,9	0,8	1,8	5,2	1,6
2,6	28,0	100,0	-	10,0
18,0	2,5	10,0	3,8	100,0
0,6	3,6	100,0	30,0	-
5,2	7,4	10,0	3,7	11,0
0,9	12,0	55,0	13,0	7,0
7,6	26,0	23,0	6,0	5,5
12,0	0,04	0,4	0,06	0,1
4,7	11,0	10,0	18,0	10,0
7,3	14,0	100,0	100,0	10,0
27,0	39,0	10,0	10,0	10,0

содержат в 2,5 раза больше кобальта, чем взвешенные вещества Днестра.

В морской воде кобальт обнаружен только в районе днепровско-Бугского гидрофронта и гидрофронта р.Чорохи.

Интересно, что в организмах планктона кобальт найден также только в этих районах. Коэффициенты накопления кобальта организмами зоопланктона (в мелких копеподах) колеблются весьма незначительно — от $0,9 \cdot 10^4$ до $2,2 \cdot 10^4$, независимо от содержания кобальта в организмах фитопланктона, что позволяет высказать предположение о поглощении его зоопланктоном непосредственно из воды, а также в результате питания бактериями — продуцентами витамина B_{12} (Родина, 1948).

Никель. Дунай, Днепр, Днестр и Ю.Буг выносят в море около 3320 т никеля в год со взвешенными веществами и около 1040 т в растворенном виде.

В воде изученных районов Черного моря обнаружено от 0,7 до 4,8 мкг/л никеля, что согласуется с литературными данными (Малюга, 1945; Жаворонкина, 1960). Сезонные отличия в содержании никеля в воде незначительны.

Если в фитопланктоне сезонные различия в содержании никеля невелики, то в зоопланктоне наблюдаются весьма четкие сезонные различия, что может служить подтверждением его важной биологической роли (Ковальский, Гололобов, 1959). Накапливая никель в значительных количествах ($0,9 \cdot 10^4$ — $9,0 \cdot 10^5$), организмы планктона тем самым принимают активное участие в его биогенной миграции.

Титан. Дунай, Днестр и Днепр выносят во взвешенном виде около $1,0 \cdot 10^{-5}$ т титана в год и около 564 т в растворенном состоянии. В днестровской воде титана содержится больше, чем в дунайской или днепровской, поэтому у Днестровского гидрофронта обнаружено несколько больше титана; подобное различие в содержании титана обнаружено и в организмах фитопланктона. В зоопланктоне (мелкие копеподы) Днестровского гидрофронта, наоборот, титана меньше, чем в зоопланктоне, собранном у Дунайского и Днепровско-Бугского гидрофронтов.

В распределении титана по сезонам года и горизонтам видны четкие различия. Четки также различия в содержании титана и коэффициентах накопления его организмами фито- и зоопланктона, собранных в различных районах моря.

Олово. В речных водах олово нами не обнаружено. В морской воде в районе Днепровско-Бугского гидрофронта олово найдено во всех пробах. Летом и зимой у Днестровского и весной у Дунайского гидрофронтов, а также весной и летом в центральной части моря олово не обнаружено.

В содержании олова в организмах фито- и зоопланктона заметны сезонные и географические отличия. Такие же отличия видны и в коэффициентах накопления олова планктоном.

Свинец. Дунай, Днепр, Днестр и Ю.Буг выносят в море со взвешенными веществами около 1850 т свинца в год и в растворенном виде около 432 т.

В центральной части моря и, что весьма интересно, у гидрофронтов рек Кавказа свинец не обнаружен. В фитопланктоне, собранном у кавказских гидрофронтов, свинец также не найден. Диатомовые водоросли *Chaetoceros curvisetus* и *Thalassionema nitzschioides* накапливают свинец в значительных количествах, однако *Nitzschia seriata*, собранная у Днестровского и Дунайского гидрофронтов, не содержала свинец в отличие от *N.seriata*, собранной у Днепровско-Бугского гидрофронта.

Мелкие копеподы, собранные у Днестровского и Дунайского гидрофронтов, накапливают свинец до 10^6 раз, даже если в фитопланктоне этих районов свинец не обнаруживается. Этот факт дает основание высказать предположение, что свинец может поглощаться организмами зоопланктона из воды или из бактерий.

Серебро. В Ю.Буге серебро не обнаружено, а остальные изученные реки выносят в море около 220 т серебра в год со взвешенными веществами и около 160 т в растворенном виде. В морской воде серебро найдено в количестве 0,1 - 4,8 мкг/л. Закономерностей в распределении серебра по горизонтам не отмечено.

В летних пробах, взятых у гидрофронтов северо-западной части Черного моря, обнаружено больше серебра, чем в пробах, собранных в другие сезоны.

Коэффициенты накопления серебра организмами планктона испытывают сезонные и географические различия.

Соотношение некоторых микроэлементов

Район сбора (гидрофронт)	Дата	Видовой состав	Fe:Cu
Днепровско-Бугский	24.IV 1965	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	II:I
"	26.IX 1965		I3:I
"	29.VII 1966	<i>Microcystis aeruginosa</i>	I2:I
"	4.V 1966	<i>Nitzschia seriata</i>	I9:I
Днестровский	23.IV 1966		26:I
"	5.IX 1966		27:I
Дунайский	25.IV 1966		24:I
Днестровский	10.III 1965	<i>Skeletonema costatum</i>	43:I
Дунайский	30.III 1965		45:I
"	24.IX 1965		44:I
Днестровский	21.VI 1965	<i>Cyclotella caspia</i>	95:I
"	25.IX 1965		I05:I
Дунайский	16.VI 1965		27:I
Риони	1.VIII 1965	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	27:I
Дунайский	18.IX 1966	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	33:I
Чорохи	1.VIII 1965		35:I
Днестровский	25.IX 1965	<i>Noctiluca miliaris</i>	46:I
Днепровско-Бугский	11.III 1965	<i>Pseudocalanus elongatus</i> Мелкие копепода	40:I 90:I
Днестровский	10.III 1965	<i>Acartia clausi</i>	I05:I
"	21.VI 1965	Мелкие копепода	III:I
Дунайский	25.IV 1965	" "	I50:I
Центральная часть моря	12.III 1965	" "	I00:I
То же	27.VI 1965	<i>Calanus helgolandicus</i>	2:I

Таблица 8

в планктоне разных районов Черного моря

Fe:Mn	Ni:Ti	Co:Ni	V:Mn
36:I	I:3	I:I,3	I:I3
35:I	I:2	I:2	I:22
8:I	I:3	I:4	I:3I
I22:I	I:9	-	I:2
I:I	I:200	-	I:20
5:I	I:200	-	I:I7
72:I	I:II	-	I:I
I3:I	I:I0	-	I:295
I0:I	I:I0	-	I:940
I0:I	I:9	-	-
380:I	I:2I	-	I:I
345:I	I:20	-	I:2
II4:I	I:50	I:2	I:I8
94:I	I:7	-	I:I
200:I	I:I9	-	I:3
I05:I	I:6	-	I:22
9:I	I:4	-	I:49
34:I	I:I	I:27	I:II5
70:I	I:4	I:I0	I:II
42:I	I:4	-	I:8
90:I	I:2	-	I:8
70:I	I:2	-	I:II
70:I	I:2	I:6	I:8
29:I	I:0,5	-	I:II

Соотношение некоторых элементов

Fe:Cu. Для каждой из изученных рек это соотношение относительно постоянно. В морской воде у гидрофронтон оно колеблется более значительно: у Днепроовско-Бугского увеличивается от весны к осени, у Дунайского и Днестровского больше, чем у Днепроовско-Бугского (табл.8).

В организмах фитопланктона это отношение более или менее постоянно для каждого изученного вида (*Aphanizomenon flos-aquae*, *Nitzschia seriata*, *Skeletonema costatum*, *Cyclotella caspia*, *Thalassionema nitzschioides*, *Chaetoceros curvisetus*).

В организмах зоопланктона отношение этих элементов варьирует более широко и, на наш взгляд, не может служить специфическим видовым признаком.

Fe : Mn. В речных водах это отношение сравнительно постоянно для каждой из исследованных рек. По данным В.В.Мокиевской (1961), оно колеблется в воде от 6:1 на поверхности до 1:6 у дна моря. У гидрофронтон крупнейших рек Черного моря отношение изменяется от 0,3 до 20,0, что, несомненно, связано с влиянием речного стока и интенсивным развитием фитопланктона в этих районах.

Для одних организмов фитопланктона (*Aphanizomenon flos-aquae*, *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides*) отношение железо:марганец является величиной постоянной и может служить видовым признаком, для других подвержено большим колебаниям (*Nitzschia seriata*, *Chaetoceros curvisetus*, *Cyclotella caspia*).

В организмах зоопланктона (мелкие копеноды) отношение железо:марганец имеет сезонные отличия -весной оно меньше, чем летом или осенью.

Co:Ni. В воде Днепра и Ю.Буга отношение этих элементов постоянно, причем в Ю.Буге оно несколько меньше, чем в Днепре, а в морской воде оно еще больше и достигает 3. В организмах фитопланктона отношение кобальт:никель всегда было менее 5, в то время как в организмах зоопланктона более 5.

Ni:Ti. Если в речной воде отношение этих элементов колеблется незначительно, то в воде районов гидрофронтон оно может значительно изменяться. Почти во всех организмах фитопланктона

отношение никель:титан меньше 5, кроме синезеленых водорослей и представителя жгутиковых — *Nostilusa miliaris*.

Отношение никель:титан у *Nitzschia seriata* из районов Днепровско-Бугского и Днестровского гидрофронт равна 9-II, а у *Nitzschia*, собранной в разные сезоны у Днестровского гидрофронта, 1:200, что указывает, быть может, на наличие особой физиологической формы *Nitzschia seriata*, приспособившейся к значительному содержанию титана в стоке Днестра.

В зоопланктоне отношение никель:титан меньше 5, что может служить групповым признаком копепод, поскольку анализировались пробы зоопланктона, состоящие из различных видов веслоногих рачков.

V: Mn. У Днепровско-Бугского и Дунайского гидрофронтот отношение этих элементов меньше, чем у Днестровского гидрофронта; в организмах фитопланктона колеблется в широких пределах, в то время как в организмах зоопланктона оно почти всегда меньше 5, за исключением *Pseudocalanus elongatus*.

В ы в о д ы

I. В результате синхронных определений количественного содержания II биологически активных химических элементов в организмах фито- и зоопланктона, собранных в районах перечисленных выше речных гидрофронтот, получены коэффициенты накопления этих элементов различными видами и группами планктона. Коэффициенты накопления, которые служат показателями распределения химических элементов в экологической системе среда — организмы, дают возможность говорить об огромной роли планктона районов гидрофронтот в миграции химических элементов в море.

Изученные организмы зоопланктона накапливают железо в большей степени, чем организмы фитопланктона. Коэффициенты накопления ряда элементов подвержены сезонным изменениям, что, видимо, связано с изменениями температуры и освещенности водной среды, физико-химического состояния элементов, изменяющимися концентрациями химических элементов в воде районов гидрофронтот (Поликарпов, 1964), т.е. в районах гидрологически весьма активных.

2. Обнаружены видовые и групповые отличия в соотношениях Fe:Cu, Fe:Mn, Co:Ni, Ni:Ti, V:Mn, содержащихся в организмах фито- и зоопланктона.

3. Отмечены сезонные различия в содержании железа, меди, марганца, ванадия, молибдена, кобальта, никеля в организмах фитопланктона - *Nitzschia seriata*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Skeletonema costatum*, *Cyclotella caspia*.

Установлено, что в организмах зоопланктона - *Calanus helgolandicus* и в мелких copeподах содержание большинства изученных элементов увеличивается от весны к осени.

4. Найдено, что одни и те же виды организмов планктона - *Nitzschia seriata*, *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides*, *Chaetoceros curvisetus* и мелкие Copeпода, собранные в различных районах моря, имеют четкие, статистически достоверные различия в содержании железа, меди, марганца, ванадия.

5. Установлено, что в воде изученных гидрофронтных микроэлементов содержится в 1,5-20 раз больше, чем в воде центральной части моря.

6. Применение сделанного нами прибора для сбора воды с горизонта 0-3 см позволило установить повышенное содержание биологически активных элементов - железа, меди, марганца, ванадия - в поверхностном слое моря по сравнению с горизонтом 10 м.

7. Рассчитан среднегодовой сток микроэлементов, мигрирующих в растворенной и взвешенной формах в Днепре, Ю.Буге, Днестре и Дунае. Эти реки выносят в море за один год около $23,6 \cdot 10^3$ т изученных микроэлементов в растворенном виде и $29,9 \cdot 10^5$ т во взвешенной форме.

Л и т е р а т у р а

А л и а з о в А.М. Гидрохимия устьевых областей рек. Изд-во АН УССР, К., 1962.

Б е л я е в Л.И. Модельные исследования ряда микроэлементов морской воды по групповой методике. - В кн.: Гидрофизические и гидрохимические исследования. "Научная думка", К., 1965.

Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. Изд-во АН СССР, М., 1957.

Виноградов А.П. Введение в геохимию океана. "Наука", М., 1967.

Виноградова З.А. До вивчення хімічного елементарного складу морських десятиногих ракоподібних – Наук. зап. Одеськ. біол. ст. АН УРСР, 4, 1962.

Виноградова З.А. Некоторые биохимические аспекты сравнительного изучения планктона Черного, Азовского и Каспийского морей. – Океанология, 4, 2, 1964.

Виноградова З.А. Роль морского планктона в миграции химических элементов. – Гидробиол. журн., 1, 4, 1965.

Виноградова З.А., Ковальский В.В. К изучению химического элементарного состава черноморского планктона. – ДАН СССР, 147, 6, 1962.

Виноградова З.А., Коган Г.М. Географическая изменчивость микроэлементарного состава планктона и воды Черного моря. – Тез. IV Межвуз. конф. по зоогеографии. Одесса, 1966.

Виноградова З.А., Коган Г.М. Микроэлементы в планктоне и воде Черного моря. – В кн.: Биологические проблемы океанографии южных морей. "Наукова думка", К., 1968.

Виноградов К.А. К биологии северо-западной части Черного моря. – Зоол. журн., 35, 4, 1956.

Глаголева М.А. Формы миграции элементов в речных водах. – В кн.: К познанию диагенеза осадков. Изд-во АН СССР, М., 1959.

Добрянская М.А., Пшенина Т.И. Некоторые данные о содержании и распределении железа в Черном море. – ДАН СССР, 123, 5, 1959.

Емельянов Е.М. Некоторые данные по взвеси Черного и Средиземного морей. – Океанология, 2, 4, 1962.

Еременко В.Я. Спектрографическое определение микроэлементов в природных водах. Изд-во АН СССР, М., 1960.

Жаворонкина Т.К. Применение спектрографического метода для определения ряда микроэлементов в морской воде. – Тр. Морск. гидрофиз. ин-та, 19, 1960.

И в а н о в А.И. Характеристика качественного состава фитопланктона Черного моря. - В кн.: Исследования планктона Черного и Азовского морей. "Наукова думка", К., 1965.

К о б л е н ц - М и ш к е О.И. О потребности некоторых черноморских водорослей в элементах минерального питания. - Тр. Ин-та океанологии, 13, 1959.

К о в а л ь Л.Г. Экологические закономерности развития и распределения зоопланктона северо-западной части Черного моря. Вopr. экологии, 5, 1962.

К о г а н Г.М. Определение некоторых микроэлементов в воде Черного моря. - В кн.: Вопросы биоокеанографии. "Наукова думка", К., 1967.

К о г а н Г.М. Микроэлементарный сток реки Дунай. - Тез. XI Междун. конф. по лимнологическому изучению р. Дунай. К., 1967.

К о г а н Г.М. Микроэлементарный сток рек Днепр и Ю. Буг. В кн.: Биологические проблемы океанографии южных морей. "Наукова думка", К., 1968.

К о н о в а л о в Г.С., И в а н о в а А.А., К о л е с н и к о в а Т.Х. Редкие и рассеянные элементы (микроэлементы) в воде. - Гидрохим. мат-лы, 42, 1966.

Д и о н и с ы н А.П. Распределение и химический состав взвеси в водах Индийского океана. - Океанология, раздел программы МГТ, 10. "Наука", М., 1964.

М а л ы г а Д.П. К содержанию меди, никеля и кобальта и других элементов семейства железа в природных водах. - ДАН СССР, 48, 2, 1945.

М о к и е в с к а я В.В. К вопросу о существовании железа в морских и иловых водах Черного моря. - Тр. Океаногр. комиссии АН СССР, 10, 2, 1960.

М о к и е в с к а я В.В. Марганец в воде Черного моря. - ДАН СССР, 137, 6, 1961.

О р а д о в с к и й С.Г. Применение каталитических реакций для определения ультрамалых количеств некоторых биологически активных элементов в морской воде. Автореф. канд. дисс. Новочеркасск, 1966.

П а р ч е в с к и й В.П. О радиоактивности некоторых организмов Черного моря. - В кн.: Радиоактивное загрязнение морей и океанов. "Наука", М., 1964.

Поликарпов Г.Г., Родина А.Г. Радиэкология морских организмов. Атомиздат, М., 1964.

Родина А.Г. Роль бактерий и дрожжевых грибов в питании *Daphnia magna*. - Тр. Зоол. ин-та, 7, 1948.

Рожанская Л.И. Содержание и распределение меди в воде Азовского моря. - Океанология, 5, 6, 1965.

Рожанская Л.И. Марганец, медь и цинк в воде, донных осадках и организмах Азовского моря. Автореф. канд. дисс. Новочеркасск, 1967.

Скопинцев Б.А., Попова Т.П. Новые данные по содержанию марганца в воде Черного моря. - В кн.: Гидрофизические и гидрохимические исследования. "Наукова думка", К., 1965.

Шавевич А.Б. Методы оценки точности спектрального анализа. Гостехтеориздат, М.-Л., 1964.

Atkins W.R.G. The seasonal variations in copper content of sea water. - J. Mar. biol. Assoc. U.K., 31, 3, 1953.

Riley G.A. The Significance of the Mississippi River drainage for biological condition in the northern Gulf of Mexico. - J. analyt. Chem., 6, 139, 1937.

Chow T., Thompson T. The determination and distribution of copper in sea water. - J. Mar. Res., 11, 2, 1952.

Chow T., Thompson T. Seasonal variations in the concentration of copper in the surface waters of San Channel. - J. Mar. Res., 13, 3, 1954.

Thompson T., Wilson T. The occurrence and determination of Mn in seawater. - J. Amer. Ch. Soc., 57, 1935.