

ПРЕДЛАЖЕ

ПРОВ 98

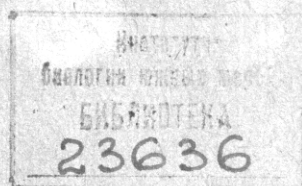
АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО
ОДЕССКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

БИОЛОГИЯ МОРЯ

(Вып. 22)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БИОХИМИЯ
МОРСКИХ ОРГАНИЗМОВ

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКОВА ДУМКА»
КИЕВ — 1971

Харвей Х. В. Современные успехи химии и биологии моря. ИЛ, М., 1948.

Noddas T. Über die Allegegenwart der Chimischen Elemente. - *Angew. Chemie*, 49, 1936.

КОНЦЕНТРАЦИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РАЗЛИЧНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЧЕРНОГО МОРЯ

Т.А.Петкевич

Микроэлементы в море имеют большое значение для жизни живых организмов и геохимии моря. Многочисленными исследованиями показано, что концентрация многих химических элементов и, особенно, микроэлементов в морской биосфере выше, чем в гидросфере (Вернадский, 1923; Виноградов, 1935-1944, и др.), что объясняется концентрированием микроэлементов морскими организмами.

Исследования последних лет все больше свидетельствуют о важной роли ряда микроэлементов в составе металло- и металлоорганических соединений в организме. Если у низших беспозвоночных вследствие отсутствия дифференциации органов накопление химических элементов происходит в тканях всего организма, то у более высокоорганизованных животных концентрация тяжелых металлов происходит в определенных органах и тканях, прежде всего в печени.

Находящиеся в морской воде в форме ионно-молекулярного раствора, молекулярно растворенных органических соединений, взвеси или коллоидных растворов микроэлементы поступают в организм, либо проникая из морской воды, либо вместе с пищевыми объектами. Образующиеся металлоорганические комплексы включаются затем в физиологически важные системы организма.

В работах ряда авторов (Балашов и Хитров, 1961; Рожанская, 1963) показано, что с увеличением глубины концентрация микроэлементов растет. Микроэлементы извлекаются организмами главным образом в верхних слоях воды, по мере минерализации они поступают в нижние слои моря и, наконец, оседают на дно.

Кроме многочисленных работ по содержанию некоторых химических элементов в морских организмах, обобщенных А.П.Виноградовым, сведения о химическом элементарном составе гидробионтов имеются в работах И.В.Кизеветтера (1957), З.И. Кобяковой и Ф.Я. Сапрыкина (1960), З.А. Виноградовой (1962, 1964), В.В. Ко-

Содержание микроэлементов у медуз Черного и Азовского морей
(в % на золу)

Эле- мент	Aurelia aurita					Rhizostoma pulmo		Blakfordia virgi- nica
	24.XII 1964	3.VI 1965	6.VIII 1965	5.VIII 1965	8.VII 1966	1.VIII 1966	11.VII 1966	15.VII 1965
Cu	0,0845	0,0012	0,0178	0,0846	0,0030	0,0004	0,0006	0,01
Mn	<0,001	<0,001	<0,001	0,0157	0,0014	<0,001	<0,001	0,0012
Fe	0,0371	0,0014	0,0056	1,0	>0,1	0,01	0,015	0,03-0,1
Al	0,0097	0,0030	0,0052	0,7080	0,0850	0,015	0,015	0,03-0,1
Zn	0,2-0,3	-	-	-	+	<0,1	<0,1	0,1-0,2
V	<0,001	-	-	-	-	<0,001	<0,001	+
Ti	<0,001-0,004	0,001	0,001	0,0875	0,0029	0,0012	0,0011	0,0042
Ni	-	-	-	0,01	<0,01	-	-	-
Ba	<0,001	-	-	-	-	<0,001	<0,001	0,003-0,004
Sr	0,01-0,08	-	0,02	0,07-0,08	0,03-0,04	0,0447	0,0372	0,06-0,07

Примечание. Рв обнаружен лишь у *B. virginica*; Sn - у *A. aurita* от 5.VIII 1965 г. (0,005%);
Ag - у *Rh. pulmo* (0,0002%); Mo - у *A. aurita* от 5.VIII 1965 г. (0,002%);

Cr - у *A. aurita* от 24.XII 1964 г. (0,001%). Co, Li, Ga и Zr не обнаружены.

Во всех таблицах (-) - не обнаружено, (+) - обнаружено качественно.

Таблица 2

Содержание микроэлементов у актиний и гребневиков
(в % на золу)

Эле- мент	A. aequina		P. pileus
Cu	0,0091	0,02	0,03-0,05
Mn	0,0109	0,0141	0,0015-0,0020
Fe	0,35	0,4570	0,4-0,5
Al	0,30	0,3550	0,05
Zn	0,1	+	0,08-0,09
Pb	-	-	0,0025-0,004
Sn	<0,001	-	0,001-0,002
V	0,0017	Не определялось	0,002
Ti	0,2754	0,1698	0,0025-0,003
Ni	<0,001	0,0014	0,005
Ag	0,0003	<0,0005	0,0003-0,0004
Ba	0,006	0,0043	0,005-0,006
Sr	0,1	0,1175	0,1
Cr	0,003	0,0105	0,001
Li	-	0,0085	0,05-0,06

П р и м е ч а н и е . Ga обнаружен лишь в одной пробе ак-
тиний (0,0002%), Cd, Ga, Be, Mo, Zr, Co не обнаружены.(+) - об-
наружено качественно .

вальского, Л.Т. Резаевой и Г.В. Кольцова (1962), Брукса и Рамсби (Brooks a. Ramsby, 1965) и др.

Нами проанализированы виды беспозвоночных Черного моря, принадлежащие к разным систематическим группам, выловленные в разных районах моря во время экспедиций на н.-и. судне "Миклухо-Маклай". Исследования выполнены методом спектрального анализа на кварцевом спектрографе ИСП-28. Большинство химических элементов определено количественно.

Кишечнополостные. Исследованы черноморские медузы *Aurelia aurita* и *Rhizostoma pulmo*, а также *Blakfordia virginica* из Азовского моря, кроме того актинии *Actinia aequina* и гребневики *Pleurobrachia pileus*. Результаты анализа представлены в таблицах I и 2. Расчет содержания золы показал, что у медуз зола составляет около 80% сухого вещества. Качественный анализ спектрограмм показывает, что в медузах содержится много натрия, значительное количество магния, но мало калия, кальция, кремния и фосфора.

Как видно из табл. I, содержание микроэлементов у медуз чрезвычайно низкое по сравнению с другими исследованными беспозвоночными. Многие микроэлементы у медуз не обнаружены. Нескольку более высокой оказалась концентрация ряда микроэлементов у медуз Азовского моря *B. virginica* (проба от 15.VIII 1965 г.). Из 20 исследованных микроэлементов у медуз обнаружено всего 9—II. У актиний и гребневиков число обнаруженных элементов возрастает до 14 и 16 соответственно, и концентрация их значительно превышает таковую у медуз. Актинии характеризуются относительно высоким содержанием меди, марганца, железа, алюминия и, особенно, титана. Следует отметить, что бентосные формы беспозвоночных, собранные в районе Скадовска, отличаются значительным содержанием титана, по-видимому, в связи с повышенным его содержанием в донных отложениях этого района.

Черви. У червей не отмечается значительной концентрации тяжелых металлов. Нами исследованы крупные, но не половозрелые особи *Nereis diversicolor*, а также гетеронереидные стадии *N. zonata* и *Platynereis dumerilii*.

Из табл. 3 видно, что содержание микроэлементов у полихет того же порядка, что и у актиний. У полихет, собранных в районе Скадовска, количество меди, свинца, никеля ниже, чем у полихет,

Таблица 3

Содержание микроэлементов у полихет Черного моря
(в % на золу)

Эле- мент	N.diversicolor		N.zonata Platynereis dumerilii			
	О. Джарылгач		Р-н мыса Ай-Тодор			: Р-н Гудаут
	8.VIII.1966 г.		3I.VIII 1967 г.	6.VIII 1967 г.	9.VIII 1967 г.	7-8.VIII 1965 г.
Cu	0,0088	0,0098	0,0562	0,0935	0,0166	0,1122-0,1300
Mn	0,0223	0,0339	0,0278	0,0207	0,0158	0,0244
Fe	0,3500	0,2692	0,7434	0,2844	0,2966	0,2-1,0
Al	0,40	0,2950	0,0566	0,0086	0,0395	0,3
Zn	0,2	<0,1	0,1123	-	0,1209	0,2090-0,3
Pb	0,002	-	0,0540	0,0120	-	0,03-0,09
Sn	0,001	-	-	-	-	<0,001
V	0,0023	Не опр.	0,0014	-	-	0,03-0,06
Ti	0,08	0,0850	0,0105	-	0,0100	0,004-0,0094
Ni	<0,001	0,0013	0,0026	0,0020	Не опр.	0,01-0,02
Ag	-	-	0,0014	0,0010	-	0,001
Ba	0,008	0,0060	0,0358	0,0013	0,0035	0,001
Sr	0,1148	0,1585	0,0150	0,0032	0,1050	0,01-0,02
Co	Не опр.	0,001-0,002	0,0037	0,0032	Не опр.	0,02-0,03
Cr	0,003	-	0,0014	-	-	<0,001-0,001
Li	0,006	0,0078	-	-	-	-

П р и м е ч а н и е . Ga обнаружен лишь в одной пробе N.diversicolor (0,0002); Zr - во второй пробе того же вида (0,06%). Mo, Be, Bi, Sb не обнаружены. 0,03% Cd в пробе P.dumerilii от 7-8.VIII 1965 г.

собранных у берегов Крыма в августе 1967 г., однако содержание алюминия, лития и особенно титана выше у *N. diversicolor*.

Интересно отметить, что полихеты *N. zonata* района о-ва Змеиный содержат значительно больше железа, свинца, бария и несколько больше серебра, чем *P. dumerilii* из районов м. Ай-Тодор и Карадага.

Ракообразные. Нами исследованы Amphipoda (*Gammarus locusta*), Decapoda (креветки *Leander adspersus*, а также личинки крабов), Mysidaceae Черного, Азовского и Каспийского морей, Isopoda (*Idothea baltica* — морские тараканы, *Eurydice pontica* и *Sphaeroma pulchellum*). Боклопавы собраны в районе Скадовска, креветки в Хаджибейском лимане и около Скадовска, личинки крабов в районе Гудаут и Туапсе, *E. pontica* и *L. stephensi* — в районе гидрофронтон кавказских рек, впадающих в Черное море, *I. baltica* — в районе о-ва Джарылгач и *Sph. pulchellum* — у Скадовска.

А.П. Виноградов (1935-1937) указывает на накопление морскими членистоногими иода, брома, мышьяка. Известно, что их печень концентрирует медь, марганец, железо и цинк.

Данные табл. 4 свидетельствуют о том, что беспозвоночные одного вида, собранные в разных морях или даже различных районах одного моря, отличаются по химическому элементарному составу. По-видимому, это связано с условиями обитания, характером питания, химическим составом морской воды и донных отложений. Концентрация меди, марганца, железа, цинка, стронция, бария, ванадия, никеля и серебра у ракообразных велика по сравнению с другими беспозвоночными. У всех анализированных ракообразных в золе обнаружено 0,3-0,6% стронция, который концентрируется в основном, очевидно, в панцире. Собранные в одном районе (около Скадовска) морские тараканы, сферомы и креветки близки между собой по содержанию многих микроэлементов. Креветки Хаджибейского лимана отличаются большей концентрацией ряда микроэлементов по сравнению с креветками района Скадовска. Мизиды Черного, Азовского и Каспийского морей отличаются по содержанию некоторых микроэлементов (табл. 4). Морские тараканы *I. stephensi* района гидрофронтон кавказских рек содержат, по нашим данным, больше меди, марганца, железа, алюминия, свинца, ванадия, титана и серебра по сравнению с *I. baltica* из района о. Джарылгач.

Содержание микроэлементов

Эле- мент	E.pontica		I.stephens	I.baltica	Spheroma pulcher
	Гидрофронт р.Риони		О. Джарылгач		
	3.VIII.1965 г.		2.VIII.1965 г.	9-13.VIII 1966 г.	4-6.VIII 1966 г.
Cu	0,2013	0,05	0,2757	0,0104	0,0066
Mn	0,3304	0,1187	0,0320	0,0398	0,055
Fe	0,6607	0,8	0,7	0,2	0,1
Al	0,0513	0,4	0,55	0,03	0,02
Zn	0,8	>0,1	He опр.	0,5	0,35
Pb	0,08	0,03	0,005	0,002	-
Sn	-	<0,001	-	0,002	0,002
V	0,1318	0,05	0,0082	0,0028	0,0025
Ti	0,0060	0,0318	0,0120	0,0019	0,005
Ni	-	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001
Ag	+	0,004	0,0010	0,0003	0,0005
Ba	0,075	0,015	0,035	0,02	0,0363
Sr	0,8128	0,5	0,5	0,4246	0,5
Cr	-	0,004	<0,001	0,002	<0,003
Li	-	-	-	-	0,0069
Gd	He опр.	He опр.	0,03	He опр.	0,015
Zr	0,001	+	0,01	He опр.	+

Примечание. Не обнаружены Mo, Co, Be, Bi, Sb, Ga.

Таблица 4

у ракообразных (в % на золу)

G. locusta	Mysidae			L. adspersus	Megalopa	Decapoda	
с.Большевик	Черное море	Азовское море	Каспийское море	Скадовск	Р-н Туапсе	Р-н Гудаут	
29.VII 1965 г.	II.VIII 1967 г.	16.VIII 1966 г.	1962 г.	14.VIII 1966 г.	7.VIII 1965 г.	5.VIII 1965 г.	
0,0112	0,0078	0,0198	0,2512	0,1646	0,0075	0,0832	0,1-0,2
0,0095	0,0324	0,0132	0,0183	0,0052	0,0354	0,0850	0,2629
0,2	0,3715	0,0247	1,1	0,8913	0,2	0,2290	0,4074
0,35	0,2630	0,0125	0,7244	0,2169	0,1	0,3311	0,1202
0,2	-		0,55	3,5	0,55	+	0,75
<0,001	-	-	0,1	0,2586	-	0,0180	0,1
<0,001	0,0046	-	-	0,0400	0,0015	-	-
0,0015	0,0075	0,0020	-	0,0051	0,0030	0,0092	0,1479
0,07	0,0398	He опр.	0,2	0,0055	0,0147	0,0020	0,0043
<0,001	0,0018	He опр.	0,07	0,0140	<0,001	0,01	-
-	-	-	+	0,0011	0,0003	-	+
0,006	0,0059	0,0170	0,07	0,09	0,02	He опр.	0,055
0,1175	0,4074	0,5760	0,1047	0,0870	0,3802	0,3630	0,6166
-	-	-	<0,1	0,0048	0,002	+	-
0,004	0,0070	-	-	<0,02	-	-	-
He опр.	He опр.	-	He опр.	0,05	-	He опр.	He опр.
He опр.	He опр.	He опр.	He опр.	He опр.	He опр.	-	-

Моллюски. Анализу подверглись черноморская мидия *Mytilus galloprovincialis* из района с. Черноморка и устрицы *Ostrea taurica* из района Скадовска (более крупные, размером 6,3 - 8,3 см и более мелкие - 4,2 - 6,2 см).

Печень моллюсков концентрирует ряд тяжелых металлов: медь, железо, марганец, кобальт, кадмий. В печени особенно велика концентрация цинка, тогда как медь накапливается в соединительной ткани (Виноградов, 1937).

Брукс и Рамсби (Brooks, Rumsby, 1965) изучили распределение ряда микроэлементов в органах и тканях устрицы *Ostrea sinuata*, гребешка *Pecten novozelandicus* и мидий *Mytilus edulis aoteanus*. Показано значительное накопление в почках гребешка марганца, свинца, цинка и никеля по сравнению с другими органами и тканями; в жабрах концентрируются марганец, хром, железо, медь, цинк. В мантии устриц много цинка, ванадия, кадмия, в сердце устриц - серебра, кадмия и цинка, в раковине всех моллюсков - ванадия, а у мидий - и молибдена. По данным этих авторов, в осадках обнаружено большое количество марганца, хрома, меди, никеля и особенно железа.

В теле мидий и устриц Черного моря мы нашли большое количество цинка (наибольшее по сравнению с другими исследованными беспозвоночными - см. табл. 5).

По сравнению с ракообразными меди, марганца, железа и алюминия у моллюсков немного, невелико также содержание стронция, который концентрируется в основном в раковине. У мидий довольно высокие концентрации хрома, лития, свинца и железа по сравнению с устрицами.

Иглокожие. Анализировались голотурия *Cuscutaria orientalis*, собранная у берегов Кавказа в августе 1965 г. и офиура *Amphipura stapanovi* из района гидрофронтон кавказских рек Ингури и Кодори (август 1965 г.).

А.П. Виноградов (1937) указывает на концентрацию некоторыми голотуриями марганца, железа, особенно это относится к организмам, которые заглатывают ил. Наши данные (табл. 6) показывают, что концентрация железа и алюминия у обоих видов исследованных иглокожих наибольшая среди всех анализированных нами беспозвоночных моря. А.П. Виноградов отмечает высокую концентрацию ванадия у *Holothuria stichopus mosbei*, считая это исключением, поскольку у других видов этого рода не отмечалось концентриро-

Таблица 5

Содержание микроэлементов у черноморских моллюсков
(в % на золу)

Эле- мент	<i>Mytilus galloprovincialis</i>		<i>Ostrea taurica</i>	
	Одесса, с. Черноморка		О. Джарылгач	
	1964 г.		З.Уш. 1966 г.	
Cu	0,06-0,08	0,0224	0,0019	0,0017
Mn	0,01-0,05	0,01	0,0162	0,0138
Fe	0,6-1,0	0,5	0,2	0,15
Al	0,2-1,0	0,25	0,2	0,2
Zn	0,3-0,6	0,4-1,0	0,45	0,2
Pb	0,001-0,006	0,01	-	-
Sn	<0,001-0,001	-	<0,001	-
V	0,02-0,05	Не опр.	<0,001	<0,001
Ti	0,01-0,03	<0,001-0,02	0,0107	0,0108
Ni	0,03	0,003	<0,001	0,006
Ag	0,001-0,003	0,0006	0,0011	0,0005
Ba	0,02-0,15	0,003	0,002	0,003
Sr	0,2-0,5	0,05-0,08	0,0562	0,0661
Mo	-	<0,0004	Не опр.	Не опр.
Zr	+	0,02-0,03	+	Не опр.
Co	-	<0,001	-	Не опр.
Cd	0 - 0,04	0,01-0,02	0,07	Не опр.
Ga	0 - 0,001	-	-	-

Примечание. Не обнаружены Be, Bi, Sb.

Таблица 6

Содержание микроэлементов у иглокожих
(в % на золу)

Эле- мент	<i>Cucumaria orientalis</i>		<i>Amphiura stepanovi</i>	
	У берегов Кав- каза 5.VIII 1965 г.	Прибосфорский р-н 1960-1961 гг.*	Р-н гидрофрон- та р. Ингури 4.VIII 1965 г.	Прибосфорский р-н 1960-1961 гг.*
Cu	0,0018	0,004-0,005	0,0012	0,01-0,015
Mn	0,0538	0,02-0,04	0,1998	0,08
Fe	1,0-1,5	0,6-0,8	2,0-2,5	0,6-0,7
Al	>1,0	0,08	>1,0	0,08-0,15
Zn	0,1	-	0,3-0,4	0,04
Pb	0,001-0,002	0,007-0,015	0,002-0,01	0,002
Sn	<0,001	Не.опр.	<0,001-0,001	*Не.опр.
V	0,0562	Не.опр.	0,02-0,08	Не.опр.
Ti	0,0166	0,04-0,005	0,005-0,01	0,006-0,007
Ag	0,001	-	0 - 0,001	0,0002
Ba	0,04-0,05	0,03-0,04	0,003-0,05	0,01-0,015
Sr	0,15-0,2	0,2-0,3	0,1	0,2-0,25
Zr	0,02	Не.опр.	0,001-0,02	Не.опр.
Co	-	Не.опр.	0 - 0,01	Не.опр.
Cr	<0,001	0,0015	0,001-0,002	0,003
Li	0,1	Не.опр.	<0,1	Не.опр.
Ga	<0,001	Не.опр.	<0,001	Не.опр.
Cd	0,07-0,08	Не.опр.	0,03	Не.опр.

* Данные З.А.Виноградовой по тем же видам иглокожих Прибосфорского района. Be, Bi, Sb, Mo, Ni нами не обнаружены.

вания этого элемента. Нами найдено ванадия свыше 0,05% на золу у *C.orientalis* и 0,02-0,08% у *Amphiura stepanovi*. У этих видов отмечается также значительная концентрация стронция, бария, лития и очень низкая - меди и марганца (табл. 6).

Оболочники. Известно, что кровь определенных видов асцидий содержит органически связанный ванадий. Карлисл (Carlisle, 1938) показал, что некоторые виды асцидий вместо ванадия или наряду с ним содержат ниобий. Автор считает, что асцидии - источник ванадия и ниобия нефтяных залежей.

В.В.Ковальский, Л.Т.Резаева, Г.В.Кольцов (1962) отмечают концентрирование ванадия в ванадоцитах асцидий теплых морей, живущих среди взмученного ила (бентосные формы), планктонные формы его не содержат. Если в морской воде ванадия $10^{-7}\%$, то в иле 10^{-2} - $10^{-3}\%$, а у *Ascidia aspersa* - $1-2 \cdot 10^{-2}\%$ в золе. В клетках крови асцидий концентрация ванадия намного выше.

Высокой концентрации ванадия у асцидий *Molgula eugrota* нами не отмечено. Содержание большинства микроэлементов у этой асцидии близкое к таковому у вышеуказанных видов, за исключением титана, которого у *M.eugrota* из района Скадовска 0,3 - 0,5% в золе, а у видов, анализированных упомянутыми авторами, - лишь $7-8 \cdot 10^{-3}\%$. Мы уже отмечали, что бентосные формы беспозвоночных из района Скадовска богаты титаном (табл.7).

Оболочники заметно уступают моллюскам, иглокожим и ракообразным в количественном содержании исследованных химических элементов.

Мы рассчитали соотношение некоторых химических элементов у представителей беспозвоночных разных типов. Из табл.8 видно, что в пределах типа кишечнополостных животных по соотношениям элементов гребневики отличаются от медуз и актиний. Среди ракообразных соотношения микроэлементов сходны у представителей различных отрядов. Неодинаковые соотношения элементов у мизид Черного, Азовского и Каспийского морей, по-видимому, связаны с разными условиями их обитания. Иглокожие выделяются высоким значением отношения железа к меди.

Пользуясь данными по содержанию ряда микроэлементов в воде Черного моря, полученными Г.М.Коганом (1967), мы рассчитали коэффициенты накопления этих микроэлементов беспозвоночными разных типов. Из табл. 9 видно, что наименьшие коэффициенты накопления характерны для кишечнополостных, особенно медуз.

Таблица 7

Содержание микроэлементов у черноморских асцидий
Molgula euprocta (в % на золу)

Эле- мент	Р-н Скадовска 4.УШ 1966 г.	
Cu	0,0012	0,0240
Mn	0,0363	0,0832
Fe	0,15	0,3802
Al	0,3	0,3548
Zn	0,05-0,06	-
Pb	-	0,0074
V	<0,001	Не опр.
Ti	0,3388	0,5623
Ni	<0,001	0,0019
Cr	0,0003-0,0004	0,0002
Li	0,004-0,005	0,0114

Примечание. Zr и Cd обнаружены в одной пробе. Не обнаружены Mo, Co, Be, Sn, Ag, Ga, Bi, Sb.

Таким образом, изучение химического элементарного состава морских беспозвоночных показывает их большую роль в концентрировании микроэлементов, а следовательно, — в биогенной миграции этих элементов в море. Химический элементарный состав беспозвоночных разных типов различен. Однако отличия наблюдаются и в пределах одного типа, а также у представителей одного вида, обитающих в разных морях или различных районах одного моря, что можно связать с неодинаковыми экологическими условиями (состав морской воды, характер питания), а также с характером обмена веществ и индивидуальными особенностями химического элементарного состава организмов.

Таблица 8

Соотношение некоторых микроэлементов у морских беспозвоночных

Вид беспозвоночных	Cu:Mn	Fe:Mn	Fe:Cu	Ni:Ti	V:Mn
<i>Aurelia aurita</i>	2,0	2,5	1,0	Не опр.	Не опр.
<i>Rhizostoma pulmo</i>	0,8	16,0	20,0	Не опр.	1,0
<i>Actinia aequina</i>	1,6	30,0	30,0	0,008	0,2
<i>Pleurobrachia pileus</i>	20,0	250,0	12,0	1,6	Не опр.
<i>Nereis diversicolor</i>	0,3	12,0	30,0	0,1	0,08
<i>Megalopa decapoda</i>	1,0	2,0	3,5	5,0	0,1
<i>Leander adspersus</i>	0,6	4,0	12,5	0,08	0,1
<i>Eurydice pontica</i>	0,5	3,5	6,0	0,1	0,5
<i>Idothea baltica</i>	0,3	5,0	2,0	0,5	0,05
<i>Sphaeroma pulchellum</i>	0,1	1,6	10,0	1,5	0,06
<i>Gammarus locusta</i>	0,6	11,0	12,0	0,04	0,15
<i>Mysidae</i> Черного моря	2,0	2,5	1,0	Не опр.	0,2
" Азовского моря	12,0	55,0	4,0	0,3	Не опр.
" Каспийского моря	32,0	180,0	5,0	3,0	1,0
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	6,0	60,0	12,0	1,5	1,0
<i>Ostrea taurica</i>	0,2	20,0	75,0	0,2	0,06
<i>Cucumaria orientalis</i>	0,06	20,0	500,0	Не опр.	1,2
<i>Amphiura stepanovi</i>	0,005	10,0	1500,0	Не опр.	0,2
<i>Molgula euprocta</i>	0,3	5,0	15,0	0,003	0,02

Таблица 9

Коэффициенты накопления некоторых микроэлементов
у морских беспозвоночных

Вид беспозвоночных	Cu	Mn	Fe	Ag	Ni	V	Ti
<i>Aurelia aurita</i>	$12 \cdot 10^2 - 5 \cdot 10^4$	$13 \cdot 10^3$	$16 \cdot 10^2$	He опр.	He опр.	He опр.	$6,6 \cdot 10^3$
<i>Rhizostoma pulmo</i>	$5 \cdot 10^2$	$13 \cdot 10^3$	$3,3 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$	He опр.	$1,6 \cdot 10^3$	$6,6 \cdot 10^3$
<i>Actinia equina</i>	$5 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^3$	$3,3 \cdot 10^3$	$6,6 \cdot 10^4$	$1,0 \cdot 10^6$
<i>Pleurobrachia pileus</i>	$16 \cdot 10^4$	$1,0 \cdot 10^4$	$1,0 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^3$	$16,0 \cdot 10^3$	He опр.	$2,0 \cdot 10^4$
<i>Nereis diversicolor</i>	$4 \cdot 10^4$	$1,0 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^6$	He опр.	$4,0 \cdot 10^3$	$5,0 \cdot 10^4$	$6,0 \cdot 10^5$
<i>Nereis zonata</i>	$2,4 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^5$	$2,0 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	$6,6 \cdot 10^4$
<i>Platynereis dumerilii</i>	$4 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^5$	$3,0 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^4$	$1,0 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^6$	$6,6 \cdot 10^4$
<i>Gammarus locusta</i>	$4 \cdot 10^4$	$1,0 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^6$	He опр.	$5,0 \cdot 10^3$	$1,7 \cdot 10^5$	$5,3 \cdot 10^5$
<i>Leander adpersus</i>	$4 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^3$	$5,0 \cdot 10^3$	$0,7 \cdot 10^5$	$6,6 \cdot 10^4$
<i>Megalopa decapoda</i>	$4 \cdot 10^5$	$4,5 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^6$	He опр.	$5,0 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^5$	$2,7 \cdot 10^4$
Mysidae	$8 \cdot 10^4$	$5,0 \cdot 10^4$	$6,7 \cdot 10^5$	He опр.	He опр.	$5,0 \cdot 10^4$	He опр.
<i>Eurydice pontica</i>	$4 \cdot 10^5$	$5,0 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^6$	$6,7 \cdot 10^4$
<i>Idothea baltica</i>	$4 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^5$	$0,6 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^4$	$2,8 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^5$	$0,3 \cdot 10^4$

Вид беспозвоночных	Cu	Mn	Fe	Ag	Ni	V	Ti
<i>Sphaeroma pulchellum</i>	$2,8 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^5$	$0,3 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	$7,5 \cdot 10^4$	$3,3 \cdot 10^4$
<i>Mytilus galloprovinc</i>	$4 \cdot 10^4$	$1,7 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^5$	$0,2 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^4$	$6,0 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^5$
<i>Ostrea taurica</i>	$8 \cdot 10^3$	$5,0 \cdot 10^4$	$6,7 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^4$	$6,7 \cdot 10^4$
<i>Cucumaria orientalis</i>	$1 \cdot 10^4$	$1,0 \cdot 10^5$	$5,0 \cdot 10^5$	$2,0 \cdot 10^4$	He опр.	$6,0 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^5$
<i>Amphiura stepanovi</i>	$5 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^6$	$2,0 \cdot 10^4$	He опр.	$4,0 \cdot 10^5$	$4,0 \cdot 10^4$
<i>Molgula euprocta</i>	$4 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^6$	He опр.	$5,0 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^4$	$2,7 \cdot 10^6$

Л и т е р а т у р а

Бадашов Ю. А., Хитров Л. М. Распределение редкоземельных элементов в водах Индийского океана. - Геохимия, 9, 1961.

Вернадский В. И. Живое вещество в химии моря. Изд-во АН СССР, М.-Л., 1923.

Виноградов А. П. Химический элементарный состав организмов моря. - Тр. биогеохим. лабор. АН СССР, 3-4, 1935; 1937.

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

Виноградова З. А. Хімічний елементарний склад деяких донних безхребетних Чорного моря. - Наук. зап. Одеськ. біол. ст., 5, 1964.

Кизеветтер И. В. Элементарный состав минеральных веществ мяса промысловых рыб, моллюсков и ракообразных. - В кн.: Сообщения о н.-и. работах членов Приморск. отд. Всесоюз. химич. общ-ва им. Д.И. Менделеева, 3, 1957.

Кобякова З. И., Сапрыкин Ф. Я. Химический состав некоторых десятиногих раков (Decapoda) северных и дальневосточных морей по данным спектроскопического анализа. - Вестник ЛГУ, 9, серия биол. наук, 2, 1960.

Ковальский В. В., Резаева Л. Т., Кольцов Г. В. Содержание микроэлементов в организме и клетках крови асцидий. - ДАН СССР, 147, 5, 1962.

Коган Г. М. Микроэлементы в планктоне и воде районов гидрофронтных важнейших рек Черного моря. - Автореф. канд. дисс., М., 1967.

Рожанская Л. И. Содержание кобальта в воде Черного и Азовского морей. - Тр. Севастоп. биол. ст., 16, 1963.

Brooks R. and Rumsby M. The biogeochemistry of trace elements uptake by some New Zealand bivalves. - Limnol. and Oceanogr., 4, 1965.

Carlisle D. B. Niobium in ascidians. - Nature, 181, 933, 1958.