

Экспериментальные и экспедиционные исследования

УДК 502.2(262.5)

А.И. Рябинин, Ю.А. Мальченко, С.А. Боброва, Л.В. Салтыкова

Микроэлементный состав природных вод Крыма

На основании данных гидрохимического мониторинга в 1991 – 2000 гг. представлены характеристики состава вод по микроэлементам (Be, Sc, Cr, Mn, Fe, Sm, Eu, Tb, Ni, Co, Cu, Zn, As, Se, Sr, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Ba, La, Ce, Hf, Au, Hg, Pb, Th, U) в водохранилищах Загорском, Счастливым, Партизанском, Аянском, Чернореченском, Симферопольском и Межгорном, а также в водах подземных бассейнов Родниковского, Качинского, Орловского, Бельбекского, Евпаторийского и в водах Ялтинского залива Черного моря. Согласно проведенным исследованиям показано, что для каждого рассматриваемого водоема характерен индивидуальный количественный микроэлементный состав, изменяющийся во времени и имеющий определенное сходство с микроэлементным составом морских вод у Южного берега Крыма (экотон Ялтинского залива).

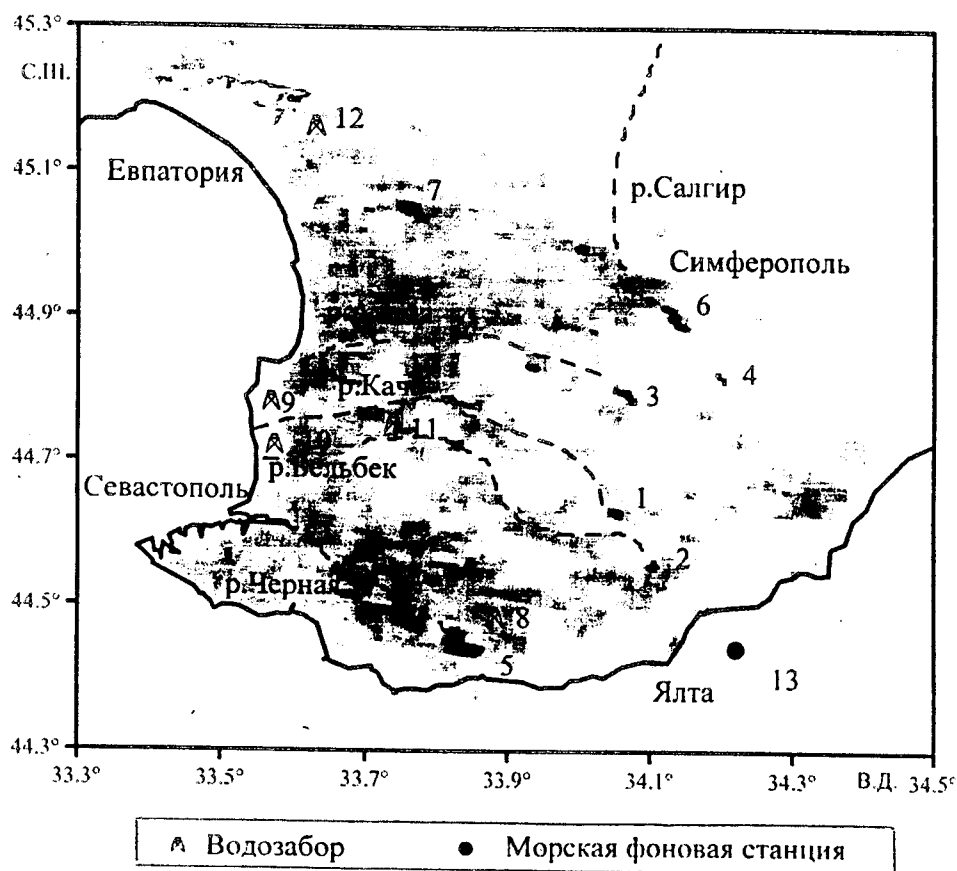
Микроэлементный состав природных вод является одной из важнейших характеристик их химического качества [1 – 4]. Природные воды Крыма в настоящее время подвергаются значительному техногенному воздействию, поэтому задачи исследования их микроэлементного состава становятся актуальными для науки и практической деятельности.

Морским отделением Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института по заказу и программам водопроводно-канализационных предприятий городов Крыма (Симферополя, Севастополя, Ялты, Евпатории), разработанным в соответствии с ГОСТами [5 – 7], впервые проводился мониторинг микроэлементного состава природных вод Крыма для определения содержания 29 элементов (Be, Sc, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Ba, La, Ce, Sm, Eu, Tb, Hf, Au, Hg, Pb, Th, U, Sr).

Методика исследований. В процессе мониторинга определялся микроэлементный состав вод Загорского, Счастливого, Партизанского, Аянского, Чернореченского, Симферопольского, Межгорного водохранилищ, подземных вод Родниковского, Качинского, Орловского, Бельбекского, Евпаторийских водозаборов, относящихся к водам хозяйственно-питьевого и культурно-бытового пользования, а также вод Ялтинского залива Черного моря, относящихся к водам рыбохозяйственного назначения. На рис. 1 представлена карта-схема расположения водохранилищ, подземных водозаборов и морской фоновой станции.

Карта-схема подготовлена на основе фотографии в ИК-диапазоне (область диапазона 10,3 – 11,3 мкм), полученной с помощью фотометра, расположенного на метеоспутнике *NOAA-12* с разрешением деталей до 1 км в на-

дире. Фотоснимок сделан ночью 27 апреля 2003 г., и водохранилища на нем видны как темные области с более высокой температурой. Там же видны вершины гор, покрытые снегом, которые являются источниками наполнения водой водохранилищ (кроме Межгорного водохранилища). Большинство водохранилищ расположено на изогипсах 100 – 800 м. Массив наблюдений и периоды проведения мониторинга вод представлены в табл. 1.



Р и с. 1. Карта-схема расположения водохранилищ, подземных водозаборов и морской фоновой станции: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – водохранилища соответственно: Загорское, Счастливое, Партизанское, Аянское, Чернореченское, Симферопольское, Межгорное; 8, 9, 10, 11, 12 – подземные водозаборы соответственно: Родниковский, Качинский, Орловский, Бельбекский, Евпаторийский; 13 – фоновая станция Ялтинского залива Черного моря

Мониторинг проводился путем отбора проб воды в соответствии с ГОСТами [5, 6] из водохранилищ и подземных источников на эксплуатируемых водозаборах, а также в Ялтинском заливе — из поверхностного слоя (0 – 0,5 м) на фоновой станции. При этом для отбора проб применялись полиэтиленовые емкости объемом 10 л, которые предварительно обрабатывались для очистки от примесей 30%-ной азотной кислотой (ос. ч.). Затем нефилтрованные пробы воды переносились в полиэтиленовые емкости объемом 1 л, которые так-

же предварительно обрабатывались раствором азотной кислоты. В этих емкостях пробы подкислялись 2 мл концентрированной HNO_3 (ос. ч.) для их консервации до проведения анализа.

Определение содержания 27 элементов в пробах воды выполнено многоэлементным нейтронно-активационным методом анализа [8], а содержание Be и Sr определялось после их предварительного концентрирования соответственно атомно-абсорбционным и рентгенорадиометрическими методами.

Т а б л и ц а 1

**Массив наблюдений и периоды проведения мониторинга
микроэлементного состава природных вод Крыма**

Наименование водного объекта, водозабора, скважины	Количество проанализи- рованных проо	Период мониторинга, месяц, год	
		начало	окончание
Аянское водохранилище	13	май, 1990	апрель, 2000
Межгорное водохранилище	21	февраль, 1989	сентябрь, 1999
Партизанское водохранилище	12	июнь, 1990	апрель, 2000
Симферопольское водохранилище	14	май, 1990	апрель, 2000
Загорское водохранилище	7	октябрь, 1992	сентябрь, 1999
Счастливое водохранилище	7	октябрь, 1992	сентябрь, 1999
Чернореченское водохранилище	8	май, 1992	апрель, 2000
Бельбекский, Орловский и Родниковский подземные водозаборы	30	октябрь, 1990	март, 2000
Качинский подземный водозабор	8	октябрь, 1990	март, 2000
Евпаторийские подземные водозаборы (Ивановский, Чеботарский, городской) – скважины № 1, 2, 15	24	июль, 1989	сентябрь, 1999
Ялтинский залив в Черном море (поверхностный горизонт фоновой станции)	14	июнь, 1991	октябрь, 2000

Концентраты проб получались путем экстрагирования элементов из объема воды 1000 мл раствором диэтилдитиокарбамината Na в хлороформе и последующего высушивания экстракта под ИК-лампой. Для нейтронно-активационного и рентгенорадиометрического анализов твердые концентраты упаковывались в полиэтиленовые пакеты, а их ядерно-физическая обработка осуществлялась в лаборатории активационного анализа Института ядерной физики (г. Ташкент) [8]. Содержание Be определялось на спектрофотометре С-115 в Севастопольском центре метрологии, стандартизации и сертификации. Все методики анализа аттестованы там же.

Анализ позволил оценить валовое содержание исследованных элементов с нижним пределом их определения равным, например, для некоторых элементов (нМ): Sc – 0,002, Cr – 0,96, Mn – 0,18, Fe – 18, Ni – 5,0, Co – 0,17, Zn –

6,0, Se – 0,13, Ag – 0,09, Cd – 0,45, Sb – 0,04, Ba – 2,0, La – 0,005, Au – 0,0005, Hg – 0,012, U – 0,02. При этом величины суммарной ошибки с вероятностью 0,95 ($\pm\Delta$, нМ) для средних концентраций ряда элементов составили: Cr(22 нМ)– $\pm 4,7$; Mn(3,4 нМ)– $\pm 0,6$; Fe(93 нМ)– ± 5 ; Co(42 нМ)– ± 11 ; Zn(92 нМ)– ± 8 ; As(27 нМ)– ± 6 ; Se(1,3 нМ)– $\pm 0,25$; Mo(1,0 нМ)– $\pm 0,2$; Ag(23 нМ)– $\pm 1,6$; Sb(4,1 нМ)– $\pm 0,08$; Au(0,01 нМ)– $\pm 0,001$; Hg(25 нМ)– $\pm 3,2$. Величины относительных ошибок для этих элементов лежат в пределах до 26 %.

Водохранилища и Ялтинский залив. Величины среднеарифметических и максимальных концентраций элементов представлены в табл. 2, в которой для сравнения представлены также кларки этих элементов в поверхностных водах суши [1, 4].

Из этих данных (табл. 2) следует ряд выводов. Во-первых, все водохранилища содержат микроэлементы в концентрациях выше нижнего предела их определения принятыми методами. Величины средних и максимальных концентраций большинства микроэлементов в изученных водоемах различаются на 1-2 порядка. Так, только концентрации 7 элементов (Be, Sc, Sn, Ce, Tb, Hf и Sr) во всех водохранилищах варьируют в пределах менее 1 порядка.

Во-вторых, по числу микроэлементов с максимальными концентрациями водохранилища также заметно различаются. Например, воды Симферопольского водохранилища содержат 12 микроэлементов с максимальными концентрациями (Be, Mn, Fe, Co, Cu, As, Mo, Ag, La, Eu, Au и U), воды Межгорного водохранилища — 10 микроэлементов (Sc, Cr, Se, Sn, Ba, Ce, Hf, Hg, Th, Sr), а воды Аянского и Чернореченского соответственно — только Pb и Sm.

В-третьих, сравнение средних концентраций микроэлементов в водохранилищах с величинами кларков этих элементов в поверхностных водах суши показывает, что концентрации только Mo, Sr, Sn, Pb, Ag, Sm, Eu и Tb превышают кларки этих элементов. Кларк Hf, судя по литературе (табл. 2), в поверхностных водах суши не определен, поэтому концентрации этого микроэлемента в исследованных водах водохранилищ можно принять за ориентировочное значение кларка Hf, равное 0,016 нМ.

В-четвертых, отношения средних концентраций Fe, Ni, Ag, La, Ce, Au, Hg, Pb и Th в водах водохранилищ к их содержанию в водах Ялтинского залива составляют величины в пределах 0,5 – 2. Это может служить показателем близости составов изученных пресных и морских вод по содержанию указанных микроэлементов.

Временная изменчивость концентраций каждого микроэлемента для водохранилищ и морской воды представлена в виде диаграмм, содержащих величины порядков колебаний концентраций. На рис. 2 представлены такие диаграммы для Be, Co, As, Se, Sr, Mo, Ag, Cd, Sb, Ba, Sm, Hg, Pb, которые нормируются по величинам предельно допустимых концентраций (ПДК), за исключением Sb, Mo, Ag, Sm в морских водах [7], которые в водах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования относятся, согласно [6], к 1-му и 2-му классам опасности (чрезвычайно опасные — 1-й класс, высокоопасные — 2-й класс). Также эти элементы относятся [6] к наиболее вредным (их лимитирующий признак вредности — санитарно-токсикологический).

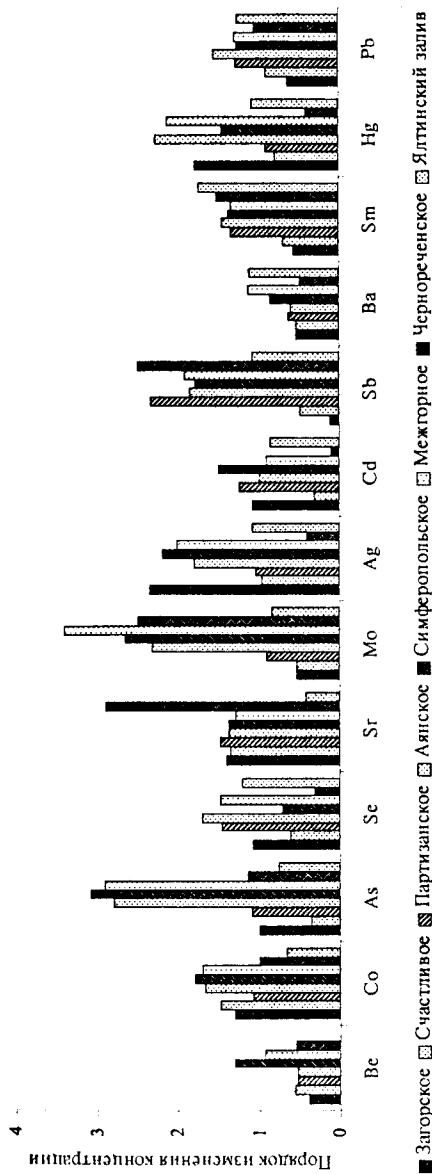
Т а б л и ц а 2

Средние и максимальные значения концентраций микроэлементов (нМ)

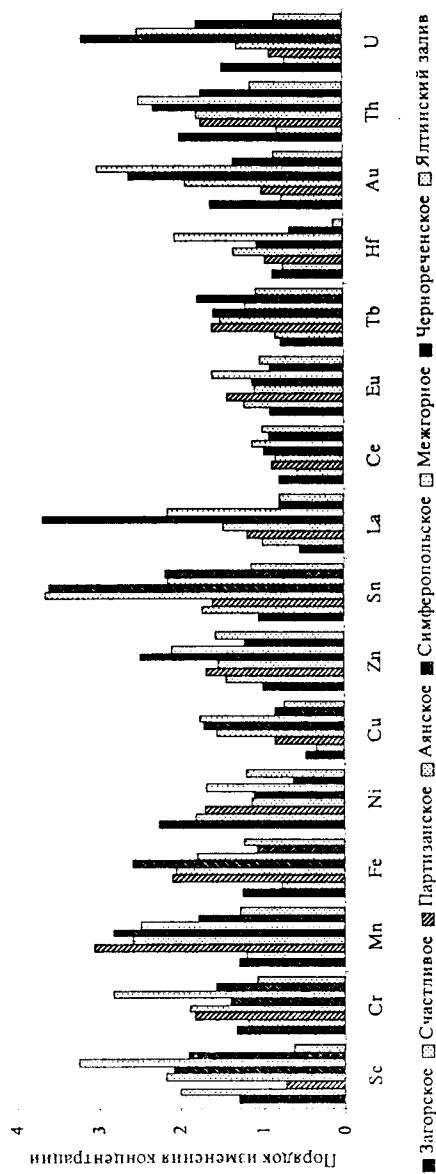
№ п/п	Элемент	Водохранилище							Поверхностные воды суши [1, 4], кларки	Ялтинский залив
		Загорское	Счастливое	Партизанское	Аянское	Симферопольское	Чернореченское	Межгорное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Be	8,5	8,0	5,5	6,2	12,0	5,8	9,5	111	-
		13,6	16,3	11,1	11,2	66,7	11,7	30,4		
2	Sc	0,013	0,057	0,005	0,039	0,037	0,007	0,037	0,22	0,040
		0,045	0,22	0,010	0,33	0,27	0,018	0,40		
3	Cr	1,7	1,3	1,0	2,6	1,4	2,3	8,2	3,5	14,5
		4,0	2,9	3,8	15,0	4,8	7,1	124		
4	Mn	18,4	13,6	70,2	17,1	58,3	64,6	7,1	219	31,3
		40,1	29,1	204	135	364	155	54,6		
5	Fe	340	375	360	300	825	670	325	>7000	190
		960	840	1130	990	6090	1700	1130		
6	Co	1,4	1,6	0,9	1,9	2,5	3,1	2,4	15,3	9,2
		3,4	5,1	2,4	10,4	17,0	8,5	8,5		
7	Ni	39,8	48,7	71,2	41,8	33,2	40,0	77,7	170	40,7
		151,6	185	426	153	107	72	409		
8	Cu	23,6	23,2	31,6	32,0	105	41,7	24,1	157	91,2
		47,0	31,0	66,0	110	482	79,0	91,0		
9	Zn	69	293	138	132	96	130	79	153	1940
		153	835	443	367	459	306	566		
10	As	1,0	1,0	0,6	8,4	15,6	4,8	6,1	5,3	28,0
		1,6	1,3	1,6	80	160	12	106		
11	Se	0,5	0,2	0,5	0,6	0,3	0,1	0,4	2,5	16
		1,5	0,5	2,5	3,2	0,6	0,3	3,8		
12	Mo	0,7	0,9	1,4	3,8	5,3	6,8	4,1	0,36	41
		1,0	1,0	4,2	21	46	31	26		
13	Ag	1,0	0,9	0,5	1,0	2,9	1,8	1,8	1,2	1,3
		4,0	2,5	1,0	5,7	14	2,8	9,3		
14	Cd	1,9	0,8	0,8	0,6	0,9	0,9	1,1	1,8	2,5
		5,3	0,9	1,5	0,9	2,8	0,9	3,6		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
15	Sn	10,6	9,2	5,6	8,7	8,4	5,9	7,5	0,34	0,27
		16,8	16,8	16,8	37,9	33,7	16,8	46,3		0,57
16	Sb	0,1	0,1	0,9	0,2	0,1	0,6	0,2	8,2	25
		0,1	0,2	6,0	0,6	0,5	2,5	0,7		98
17	Ba	6,0	6,0	7,6	6,3	8,2	6,7	13,0	146	45
		7,3	7,3	15,3	10,9	26,1	10,9	43,7		138
18	La	0,026	0,082	0,035	0,055	3,7	0,020	0,082	1,4	0,020
		0,036	0,216	0,110	0,220	34,6	0,043	1,00		0,043
19	Ce	0,26	0,18	0,26	0,25	0,24	0,24	0,23	0,43	0,16
		0,46	0,28	0,56	0,53	0,67	0,62	0,93		0,36
20	Sm	1,53	1,51	0,56	0,70	0,97	0,83	0,81	0,20	0,0014
		2,52	2,29	1,40	2,22	2,43	2,54	2,31		0,0070
21	Eu	0,65	0,80	0,62	0,82	0,86	0,42	0,70	0,05	0,0046
		1,20	1,54	1,74	2,02	3,42	0,73	2,79		0,010
22	Tb	0,40	0,66	0,37	0,28	0,32	0,33	0,43	0,05	0,0053
		0,80	1,53	0,92	1,24	1,03	0,95	1,31		0,0075
23	Hf	0,011	0,014	0,006	0,016	0,014	0,011	0,015	—	0,026
		0,020	0,029	0,014	0,041	0,034	0,026	0,062		0,031
24	Au	0,002	0,004	0,00	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,010
		0,01	0,01	0,01	0,02	0,20	0,01	0,05		0,036
25	Hg	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,4	0,40	0,14
		0,3	0,3	0,2	0,9	0,5	0,2	3,2		0,35
26	Pb	3,8	6,9	6,0	8,5	7,5	8,6	7,1	4,8	3,7
		8,2	14,9	18,0	49,2	25,2	18,3	20,3		10,1
27	Th	0,023	0,018	0,009	0,011	0,023	0,012	0,029	0,43	0,017
		0,049	0,032	0,024	0,026	0,086	0,027	0,13		0,058
28	U	0,39	0,11	0,14	0,14	3,9	0,07	0,32	2,1	19,3
		1,3	0,2	0,3	0,4	31,5	0,25	1,7		39,5
29	Sr	15800	13955	16600	14360	14750	11420	21770	913	27750
		28530	25340	33650	26600	26600	26250	43370		44510

Примечание: над чертой приведены средние значения концентрации, под чертой — максимальные.



Р и с. 2. Диаграммы порядков изменения концентраций микроэлементов 1-го и 2-го классов опасности в водохранилищах и морской воде



Р и с. 3. Диаграммы порядков изменения концентраций микроэлементов 3-го класса опасности и ненормируемых микроэлементов в водохранилищах и морской воде

На рис.3 такие диаграммы, представлены для Sc, Sn, La, Ce, Eu, Tb, Hf, Au, которые не нормируются по ПДК во всех водах, и для Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, которые нормируются по ПДК во всех водах, а в хозяйственно-питьевых водах относятся к элементам 3-го класса опасности, т. е. только к опасным элементам. Торий и уран нормируются как природные радионуклиды [9].

Как видно (рис. 2 и 3), каждое водохранилище имеет собственную диаграмму по всему комплексу микроэлементов, не зависящих от их нормативных характеристик. Примером может служить сравнение диаграмм Sc, Cr, Mn, Fe, Sn, La, Au, U, As, Mo, Sb, Hg, показывающее существование больших различий в величинах порядков изменения концентраций микроэлементов во времени.

Представленные диаграммы являются базой для оценочного прогнозирования микроэлементного состава изученных объектов, если не произойдет каких-либо техногенных аварий, других экологических и геохимических катаклизмов, способных повлиять на состав вод.

Также отметим, что временная изменчивость концентраций ряда микроэлементов в морской воде не меньше, чем в водах некоторых водохранилищ (рис. 2, 3).

Подземные водозаборы. Данные о величинах пределов колебаний концентраций микроэлементов (нМ) в пробах подземных вод Крыма представлены в табл. 3.

Из этих данных следует, что колебания концентраций, оцениваемые величинами отношений $C_{\max}/C_{\min}$, где $C_{\max}$ и $C_{\min}$ — максимальные и минимальные концентрации микроэлементов, в каждом подземном водозаборе для ряда элементов достаточно велики.

Так, наиболее высокие $C_{\max}/C_{\min}$ были свойственны водам: Орловского водозабора для Be, Sc, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, As, Pb, U; Качинского водозабора для Cu, Zn, Sr, Sb, La, Ag, Hg; Родниковского водозабора для Zn, Sc, Cd, La; Бельбекского водозабора для Ag, Sn, Pb, U; Евпаторийских водозаборов для Ni, Mo, Ag, Ba, Pb.

Наиболее высокие средние значения концентраций микроэлементов (нМ) были присущи водам водозаборов: Орловского (Be — 34, Sc — 0,13, Ni — 61,8, Zn — 304, As — 4,2, Cd — 2,8, Sn — 10,5, Pb — 21); Качинского (Cr — 9,4, Mn — 12, Sr — 27000, Mo — 3,3, Ag — 10,8, Sb — 0,80, Au — 0,02, Hg — 0,065); Родниковского (Mn — 12,2, Fe — 1450, Co — 72, Se — 0,85, Ba — 41, La — 0,67, Au — 0,02, Hg — 0,67, U — 7); Бельбекского (только Cu — 32,4).

Обобщение результатов. Из представленных данных следует, что во всех исследованных водах величины концентраций большинства микроэлементов не превышают величин их ПДК, нормированных для вод хозяйственно-питьевого водопользования. К таким микроэлементам относятся следующие (в скобках даны рассчитанные нами значения ПДК, нМ): Be (22), Cr⁺⁶ (960), Mn (1800), Co (1700), Cu (15700), Zn (15300), As (667), Mo (2600), Ag (460), Sb (410), Ba (730), Sm (1600), Pb (145), Cd (8,8), Se (127), Th (16,6), а U (340) нормирован [9] по величине уровня действия.

**Пределы колебаний концентраций микроэлементов (нМ) в пробах
подземных вод Крыма**

№ п/п	Элемент	Подземный водный бассейн				
		Родниковский	Качинский	Орловский	Бельбекский	Евпаторийский
1	Be	0,59 - 55	2,2 - 21	3,1 - 66	1,3 - 10	5,5 - 55
2	Sc	0,0004 - 0,22	0,0004 - 0,072	0,0002 - 0,44	0,0025 - 0,086	0,0056 - 0,2
3	Cr	0,019 - 9,6	0,62 - 11	0,19 - 7,6	0,38 - 5,7	0,056 - 10
4	Mn	0,3 - 18	1,4 - 20	1 - 23	3,6 - 21	0,18 - 32
5	Fe	110 - 3400	120 - 1200	59 - 1500	53 - 1100	56 - 500
6	Co	0,05 - 420	0,16 - 64	0,053 - 470	0,051 - 130	0,15 - 0,8
7	Ni	4,5 - 170	17 - 110	6,6 - 120	3,4 - 140	5,8 - 60
8	Cu	12 - 62	9,4 - 72	7,8 - 57	18 - 74	7,8 - 48
9	Zn	1,5 - 450	1,5 - 240	1,5 - 450	1,5 - 240	2,7 - 130
10	As	0,0053 - 6,6	0,0053 - 2,1	0,0053 - 10	0,0053 - 5,3	0,013 - 2,9
11	Se	0,017 - 2,1	0,063 - 0,59	0,014 - 1,2	0,013 - 0,27	0,063 - 0,12
12	Mo	0,052 - 7,7	0,052 - 5,2	0,052 - 5,2	0,052 - 5,2	0,1 - 42
13	Ag	0,55 - 10	0,83 - 8,3	0,17 - 3,7	0,36 - 2,6	0,092 - 3,1
14	Cd	0,088 - 8,8	0,088 - 0,88	0,088 - 8,8	0,088 - 3,6	0,088 - 2,3
15	Sn	0,48 - 16	2 - 16	0,33 - 16	0,26 - 16	0,025 - 11
16	Sb	0,024 - 0,82	0,024 - 3,2	0,01 - 2,4	0,018 - 0,9	0,0082 - 0,82
17	Ba	5,4 - 80	3,6 - 61	3,6 - 47	0,87 - 63	1,5 - 80
18	La	0,00021 - 2,1	0,005 - 0,34	0,0071 - 0,51	0,0052 - 0,54	0,028 - 0,56
19	Ce	0,0096 - 0,22	0,0071 - 0,23	0,0072 - 0,33	0,0098 - 0,21	0,021 - 3
20	Sm	0,058 - 0,92	0,023 - 1,3	0,019 - 1,1	0,033 - 1,3	0,084 - 1,1
21	Eu	0,07 - 1,3	0,046 - 1,4	0,046 - 2,1	0,047 - 1,6	0,2 - 1,7
22	Tb	0,0042 - 0,22	0,0081 - 0,22	0,00088 - 0,22	0,0018 - 0,13	0,0045 - 0,25
23	Hf	0,056 - 0,27	0,03 - 0,16	0,028 - 0,5	0,028 - 0,43	0,034 - 0,52
24	Au	0,0005 - 0,05	0,0005 - 0,0063	0,0005 - 0,035	0,0005 - 0,017	0,0005 - 0,011
25	Hg	0,13 - 1,4	0,041 - 1,9	0,048 - 0,99	0,024 - 0,66	0,032 - 0,57
26	Pb	1 - 48	0,92 - 22	1,9 - 100	0,77 - 32	1,4 - 15
27	Th	0,0043 - 0,032	0,0053 - 0,033	0,0043 - 0,064	0,005 - 0,020	0,0047 - 0,037
28	U	0,084 - 16	0,16 - 5,2	0,04 - 2,1	0,042 - 13	0,0008 - 17
29	Sr	1400 - 100000	110 - 21000	180 - 75000	110 - 15000	6800 - 85000

Разовые превышения значений ПДК наблюдались в водах Симферопольского водохранилища: Fe – 6070 нМ (ПДК 5360 нМ); Счастливого водохранилища: Ni – 1870 нМ (ПДК 1706 нМ); Межгорного водохранилища: Hg – 3 нМ (ПДК 2,5 нМ); в Орловском и Евпаторийских водозаборах концентрации Sr достигали значений соответственно 100460 и 85620 нМ (ПДК 79910 нМ).

Однако для оценки качества вод хозяйственно-питьевого пользования, если в них содержится несколько элементов, относящихся к 1-му и 2-му классам опасности, имеющих одинаковый лимитирующий признак вредности и значения ПДК каждого элемента больше его найденной концентрации,

расчет характеристики качества осуществляется суммированием отношений концентраций каждого из элементов $C_1, C_2, \dots, C_n$ к соответствующим значениям ПДК. Качество воды удовлетворительно, если соблюдается правило [6]:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1.$$

Это правило применено нами для расчета показателя качества вод по 13 элементам (Be, Co, As, Se, Sr, Mo, Ag, Cd, Sb, Ba, Sm, Hg и Pb), отнесенным к 1-му и 2-му классам опасности. Эта величина является суммационным показателем микроэлементного (СПМЭ) состава вод, результаты его расчета представлены в табл. 4. Из этой таблицы видно, что величины СПМЭ не превышают 1.

Таблица 4

Величины суммационного показателя микроэлементного (СПМЭ) состава вод

Водоем	СПМЭ
Партизанское водохранилище	0,450
Бельбекский водозабор	0,470
Чернореченское водохранилище	0,490
Счастливое водохранилище	0,495
Качинский водозабор	0,510
Аянское водохранилище	0,530
Симферопольское водохранилище	0,570
Межгорное водохранилище	0,640
Загорское водохранилище	0,660
Евпаторийские подземные водозаборы	0,770
Родниковский водозабор	0,840
Орловский водозабор	0,955

Нормы ПДК для морских вод, относящихся к водам рыбохозяйственного назначения, отличаются от таковых для вод хозяйственно-питьевого пользования. Так, содержание микроэлементов в морской воде не превышало приведенных ниже нормативов ПДК, значения которых составили (в нМ): Fe – 1010, Mn – 900, Co – 85, Ni – 170, Cu – 80, Zn – 153, As – 134, Se – 26, Sr – 11900, Cd – 88, Ba – 1460, Hg – 0,5, Pb – 50. В морской воде превышение ПДК наблюдалось у следующих элементов: Cr, Cu, Zn, Se, из которых только кон-

центрации Cr и Se превышали ПДК в единичных пробах, а концентрации Cu и Zn превышали норматив по их средним значениям.

Сравнение концентраций природного радионуклида Th во всех исследованных водах показывает, что воды подземных источников содержат более высокие концентрации Th, чем поверхностные воды — пресные и морские, в которых его концентрации близки относительно. Величины же концентрации U значительно выше в морских водах по сравнению с его содержанием в других водах.

Выводы.

1. Методом многоэлементного нейтронно-активационного анализа, а также атомно-абсорбционным и рентгенорадиометрическим методами в поверхностных водах Крыма (Загорское, Счастливое, Партизанское, Аянское, Симферопольское, Чернореченское и Межгорное водохранилища) в период их мониторинга в 1989 – 2000 гг. были определены концентрации микроэлементов: Be, Sc, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Ba, La, Ce, Sm, Eu, Tb, Hf, Au, Hg, Pb, Th, U, Sr.

2. Эти микроэлементы определены также в подземных водах Крыма (Бельбекский, Орловский, Родниковский, Качинский и Евпаторийские водозаборы) в период их мониторинга в 1989 – 2000 гг.

3. Качество изученных вод для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового пользования оценено по величинам суммационного показателя микроэлементов, нормируемых по значениям предельно допустимых концентраций, имеющих 1-й и 2-й классы опасности и санитарно-токсикологический лимитирующий признак вредности. К таким микроэлементам относятся Be, Co, As, Se, Mo, Ag, Cd, Sb, Ba, Hg, Pb, Sr, Sm. Величины СПМЭ этих микроэлементов не превышают 1 для каждого водоема и, следовательно, эти воды удовлетворяют принятым в Украине нормативам.

4. Мониторинг вод водохранилищ и подземных водозаборов необходимо осуществлять также по Li, B, Br, Bi, W, Nb, Rb, Tl, Te, которые тоже относятся к 1-му и 2-му классам опасности и имеют санитарно-токсикологический лимитирующий признак вредности [6].

5. Поверхностные воды фоновой станции в Ялтинском заливе Черного моря характеризуются постоянным высоким содержанием Cu и Zn, превышающим их ПДК. Для этих вод также характерны временные повышения содержания Cr и Se до их ПДК > 1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перельман А.И. Геохимия. — М.: Высшая школа, 1979. — 423 с.
2. Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. — М.: Мир, 1987. — 288 с.
3. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции элементов в пресных поверхностных водах. — Л.: Гидрометеиздат, 1986. — 270 с.
4. Кист А.А. Феноменология биогеохимии и бионеорганической химии. — Ташкент: Фан, 1987. — 236 с.
5. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения (гигиенические, технические требования и правила выбора) // ГОСТ 2761-84, I-XI-88. — М.: Госстандарт СССР, 1984. — 35 с.

6. *Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения* // СанПиН № 4630-88. — М.: Минздрав СССР, 1988. — 62 с.
7. *Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для вод рыбохозяйственных водоемов* // Под ред. М.Л. Кашинцева, Б.С. Степаненко, С.Н. Анисимовой. — М.: ВНИРО – Минрыбхоз СССР, 1990. — С. 47.
8. *Рябинин А.И., Мальченко Ю.А., Салтыкова Л.В. и др.* Содержание микроэлементов в морских водах у побережья южного Крыма в 1991 – 2000 гг. // *Морской гидрофизический журнал*. — 2003. — № 5. — С. 47 – 62.
9. *Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання* // ДСАНПИН. Регистр. № 136/194 от 15.04.97 р. — Мінздрав України, 1997. — 65 с.

Морское отделение
Украинского научно-исследовательского
гидрометеорологического института,
Севастополь

Материал поступил
в редакцию 14.02.03
После доработки 09.01.04

ABSTRACT Based on the data of hydrochemical monitoring in 1991-2000, presented are the characteristics of microelement (Be, Sc, Cr, Mn, Fe, Ni, Sm, Eu, Tb, Co, Cu, Zn, As, Se, Sr, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Ba, La, Ce, Hf, Au, Hg, Pb, Th and U) composition in Zagorskoe, Schastlivoe, Partizanskoe, Ayanskoe, Chernorechenskoe, Simferopol and Mezhgornoe water storage basins, in Rodnikovskoe, Kachinskoe, Orlovskoe, Belbek and Yevpatoriyskoe underground water basins and in Yalta bay waters. The performed investigations show that each basin under study is characterized by its own microelement composition varying in time and having a certain similarity with that of seawater near the Crimean Southern coast (Yalta bay ecoton).