

А.И. Рябинин, С.А. Боброва, Л.В. Салтыкова, Е.А. Данилова

Поступление химических элементов с атмосферными выпадениями в приморских районах Крыма в 2004 – 2008 годах

Изучена пространственно-временная изменчивость поступления потоков 26 элементов (Na, K, Rb, Cs, Cu, Ag, Au, Ca, Sr, Ba, Zn, Cd, Hg, Hf, Ta, As, Sb, Cr, Se, Mo, W, Mn, Br, Fe, Co, Ni) с атмосферными выпадениями на водную поверхность в районах г. Севастополя и Южного берега Крыма. Выявлен ряд общих закономерностей поступления суммы указанных элементов, а также их растворимой и нерастворимой форм и приведены характеристики их пространственно-временной изменчивости.

Ключевые слова: атмосферные выпадения, химические элементы, пространственно-временная изменчивость.

Мониторинг поступления химических элементов (Na, K, Rb, Cs, Cu, Ag, Au, Ca, Sr, Ba, Zn, Cd, Hg, Hf, Ta, As, Sb, Cr, Se, Mo, W, Mn, Br, Fe, Co, Ni, Th, U, Sc, La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) с атмосферными выпадениями на водную поверхность в районе г. Севастополя проводится с применением нейтронно-активационного и рентгенорадиометрического анализа с 2004 г., а с 2006 г. в составе указанного комплекса элементов определяется также и Nd. Уже по первым результатам [1], полученным в мае – июне 2004 г., было выявлено, что поступление этих элементов приводит к загрязнению вод моря и суши в районе г. Севастополя, а величины потоков этих элементов немонотонно изменяются во времени и пространстве. Диапазоны такой изменчивости впервые были оценены по данным мониторинга в 2004 – 2008 гг. в районе г. Севастополя и в 2008 г. – в районе Южного берега Крыма (ЮБК) для 11 элементов (Th, U, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Sc). Установлено, что поступление этих элементов влияет на химический состав и радиационные характеристики поверхностных вод в районах мониторинга [2], в частности вследствие поступления долгоживущих радионуклидов ^{232}Th , ^{238}U , ^{235}U , ^{142}Ce , ^{147}Sm . Такие данные актуальны для океанологии, геохимии и экологии при изучении процессов миграции химических элементов, тем более что ряд исследованных элементов нормируется по величинам предельно-допустимых концентраций в биосфере. В то же время роль других элементов данного комплекса в биогеохимическом цикле Черноморского региона изучена недостаточно или исследуется впервые.

Цель данной работы – изучение временной и пространственной изменчивости поступления Na, K, Rb, Cs, Cu, Ag, Au, Ca, Sr, Ba, Zn, Cd, Hg, Hf, Ta, As, Sb, Cr, Se, Mo, W, Mn, Br, Fe, Co, Ni с атмосферными выпадениями в прибрежных районах г. Севастополя (2004 – 2008 гг.) и Южного берега Крыма (2008 г.).

© А.И. Рябинин, С.А. Боброва, Л.В. Салтыкова, Е.А. Данилова, 2011

Материал и методы. Пробы атмосферных осадков отбирались пластиковыми пробоотборниками диаметром 0,55 м, которые заполнялись бидистиллированной водой объемом 1000 мл. Каждая проба отбиралась непрерывно в течение календарного месяца. Пробоотборники в г. Севастополе были расположены на территории МГ «Севастополь» (Павловский мысок) на высоте 1,5 м от уровня поверхности земли и на расстоянии не более 6 м от берега, а также на крыше здания МО УкрНИГМИ (102 м над уровнем моря) [1, 2], находящегося на расстоянии ~1,6 км от МГ «Севастополь». Пробоотборник на ЮБК был расположен в пгт Гурзуф, на территории детского лечебно-оздоровительного центра (ДЛОЦ) «Артек». Ежемесячно пробы осадков готовились к анализу ядерно-физическими методами. Для этого по методике [1 – 3] пробы фильтровались через ядерные фильтры с диаметром пор 0,41 – 0,46 мкм, получались растворимая и нерастворимая формы химических соединений исследуемых элементов. После подготовки проб в соответствии с [3] они анализировались в Институте ядерной физики АН Узбекистана нейтронно-активационным методом, Sr – рентгенорадиометрическим.

В результате мониторинга было проанализировано 120 проб, отобранных на территории МГ «Севастополь», 21 проба, отобранная на территории МО УкрНИГМИ, и 5 проб, отобранных на территории ДЛОЦ «Артек».

Результаты и обсуждение. Временная изменчивость потоков элементов на МГ «Севастополь». В табл. 1 представлены величины общих (суммы растворенной и нерастворенной форм) потоков элементов (мкг/м²·мес) в 2004 – 2008 гг. Временная изменчивость характеризуется значениями отношений максимальных и минимальных потоков (max/min) за указанный период. Эти значения лежат в широком диапазоне (90 – 196000), по ним изученные элементы можно разделить на три группы:

- высокоизменчивая группа с элементами Sb, Sr, Ca, Cu, в которой значения max/min равны 11900, 13500, 14300, 196000 соответственно;
- среднеизменчивая группа с элементами Zn, Cd, Hg, Na, Br, K, в которой значения max/min лежат в диапазоне 1400 (Zn) – 9100 (K);
- слабоизменчивая группа, в которую входят остальные элементы со значениями max/min в пределах 90 (Ta) – 530 (Mo).

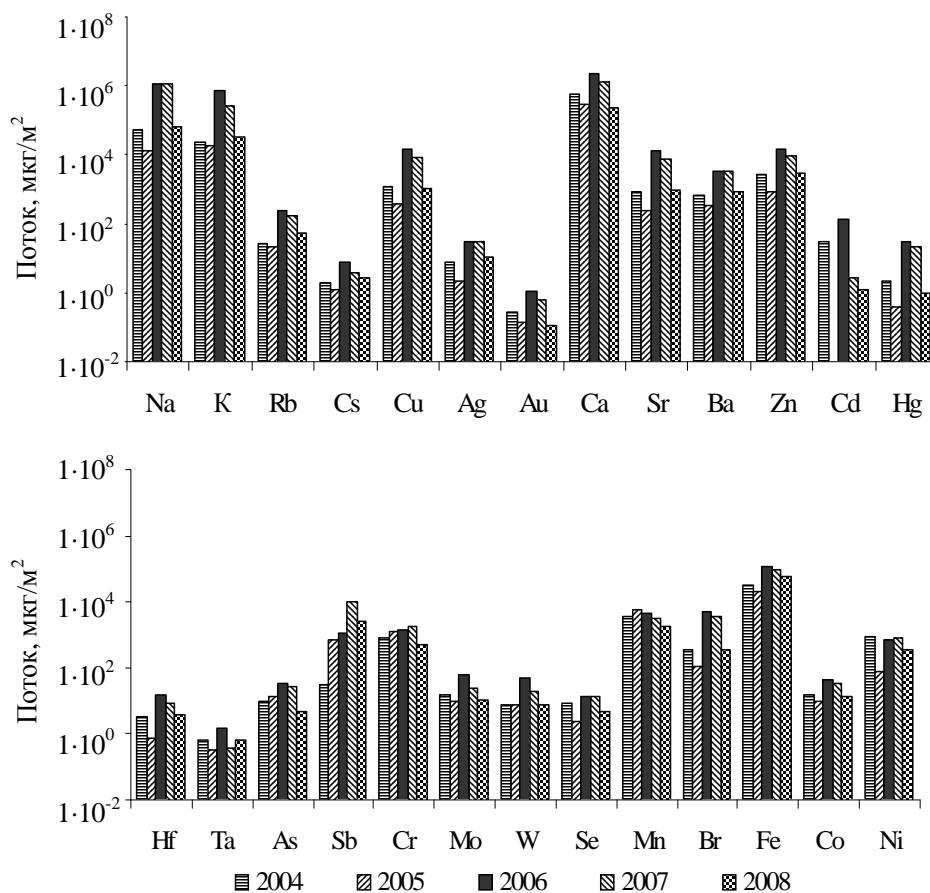
Внутригодовые периоды экстремальных значений потоков каждого элемента непостоянны (табл. 1). Межгодовая изменчивость экстремальных потоков всех элементов, за исключением минимальных потоков К, немонотонна. Из рис. 1 видно, что, например, максимальные значения потоков Na, K, Rb, Cs, Cu, Au, Ca, Sr, Zn, Cd, Hg, Hf, Ta, As, Mo, W, Se, Br, Fe, Co наблюдались в 2006 г., потоков Ag, Ba, Sb, Cr, Se – в 2007 г., потоков Mn и Ni – в 2004 г.

Рассчитанные суммарные потоки элементов за пятилетний период (табл. 1) позволили оценить их поступление на водную поверхность Севастопольской бухты. Данные табл. 2 показывают, что поток из атмосферы является существенным источником поступления тяжелых металлов и других нормируемых токсичных элементов (Cu, Ba, Zn, Cd, Hg, As, Cr, Se, Mo, W, Mn, Br, Fe, Co, Ni, Sr) [4] в г. Севастополе.

Диапазоны потоков элементов (мкг/м²·мес) на территории МГ «Севастополь» в 2004 – 2008 гг.

Элементы	2004	2005	2006	2007	2008
Na	2500 (VII) – 189000 (I)	1500 (VI) – 41000 (III)	2400 (II) – 5237000 (VI)	4700 (II) – 2967000 (VI)	4700 (XI) – 178000 (V)
K	410 (XI) – 61000 (I)	2400 (VII) – 44000 (III)	3500 (II) – 3730000 (VI)	6600 (II) – 516000 (VII)	11000 (XI) – 62000 (VI)
Rb	5,61 (V) – 66 (VIII)	13 (V) – 36 (III)	20 (II) – 1200 (IX)	14 (X) – 480 (VII)	9,67 (III) – 100 (VII)
Cs	0,04 (V) – 5,00 (IV)	0,77 (V) – 2,09 (XII)	1,79 (II) – 22 (IX)	0,91 (X) – 9,66 (III)	0,09 (III) – 6,21 (IV)
Cu	0,32 (XII) – 4000 (I)	37 (VI) – 900 (IV)	400 (II) – 63000 (IX)	1200 (X) – 40000 (VII)	320 (I) – 2800 (V)
Ag	1,22 (V) – 27 (I)	0,48 (XI) – 13 (III)	5,15 (IV) – 130 (VI)	3,72 (II) – 149 (VI)	0,58 (V) – 48 (III)
Au	0,02 (V) – 0,69 (I)	0,01 (I) – 0,37 (V)	0,18 (II) – 3,91 (X)	0,14 (X) – 2,19 (VI)	0,01 (IV) – 0,23 (VIII)
Ca	460 (XI) – 4567000 (IV)	11000 (VI) – 266000 (III)	34000 (III) – 6593000 (IX)	268000 (II) – 2670000 (VII)	63000 (III) – 673000 (VIII)
Sr	5,74 (XII) – 5000 (III)	44 (IX) – 790 (III)	110 (V) – 78000 (IX)	520 (X) – 15000 (VI)	75 (IV) – 2700 (VIII)
Ba	99 (V) – 1500 (VI)	44 (VIII) – 470 (IX)	540 (II) – 9900 (IX)	140 (X) – 12000 (VIII)	130 (III) – 1800 (XII)
Zn	41 (XII) – 4000 (IV)	420 (VI) – 1500 (VII)	1300 (II) – 57000 (XI)	2600 (II) – 19000 (III)	790 (I) – 11000 (VIII)
Cd	4,05 (II) – 86 (III)	–	0,56 (X) – 720 (III)	0,76 (VII) – 10 (III)	0,37 (X) – 2,15 (I)
Hg	0,05 (VI) – 15 (I)	0,17 (I) – 0,84 (XII)	2,16 (VI) – 110 (IX)	1,39 (X) – 110 (VII)	0,07 (IV) – 2,93 (VIII)
Hf	0,13 (I) – 6,71 (IV)	0,16 (IX) – 1,57 (II)	2,98 (VI) – 47 (IX)	1,39 (X) – 16 (VIII)	0,13 (III) – 8,33 (IV)
Ta	0,05 (V) – 1,29 (VI)	0,19 (I) – 0,47 (V)	0,13 (XI) – 4,50 (IX)	0,08 (VII) – 0,89 (III)	0,10 (IX) – 2,06 (IV)
As	2,28 (I) – 25 (IV)	0,85 (IV) – 29 (IX)	4,49 (VI) – 110 (XII)	0,76 (VII) – 100 (VIII)	0,89 (IX) – 19 (I)
Sb	5,64 (V) – 71 (X)	93 (IX) – 3200 (V)	28 (IV) – 6900 (IX)	25 (II) – 67000 (X)	80 (I) – 25000 (III)
Cr	27 (III) – 2100 (VI)	93 (II) – 7200 (VIII)	210 (III) – 4700 (IX)	340 (II) – 8000 (VII)	200 (V) – 990 (XII)
Mo	0,41 (IX) – 80 (X)	1,50 (VI) – 20 (V)	1,45 (VI) – 210 (XI)	0,76 (VII) – 100 (VIII)	0,96 (IX) – 79 (XI)
W	0,38 (IX) – 21 (VIII)	3,69 (I) – 20 (IV)	11 (V) – 180 (XI)	7,62 (VII) – 53 (VI)	4,52 (VII) – 18 (II)
Se	0,62 (IV) – 25 (X)	0,73 (IV) – 6,01 (XII)	0,56 (IV) – 48 (XII)	0,44 (VII) – 36 (IV)	0,13 (IV) – 36 (IX)
Mn	100 (XII) – 20000 (VI)	460 (VI) – 28000 (IV)	850 (III) – 18000 (IX)	790 (X) – 7200 (III)	620 (X) – 6400 (II)
Br	8,23 (VII) – 2000 (X)	3,35 (IV) – 380 (XI)	45 (II) – 20000 (VI)	44 (II) – 11000 (VI)	57 (IX) – 720 (V)
Fe	1900 (I) – 95000 (VI)	6400 (V) – 29000 (IV)	33000 (VI) – 421000 (IX)	26000 (V) – 176000 (IX)	20000 (V) – 114000 (VIII)
Co	1,11 (V) – 69 (VIII)	3,49 (IV) – 23 (XII)	15 (VI) – 150 (IX)	1,39 (X) – 68 (VI)	7,00 (I) – 25 (XI)
Ni	57 (XII) – 6400 (VI)	41 (VI) – 210 (II)	160 (VII) – 2200 (IX)	110 (IV) – 2400 (VI)	75 (IV) – 660 (XII)

Примечание. I – XII в круглых скобках – месяцы наблюдения экстремальных значений.



Р и с. 1. Диаграмма ежегодных потоков элементов из атмосферы на водную поверхность (МГ «Севастополь») в 2004 – 2008 гг.

Временная изменчивость свойственна и потокам суммы всех элементов, что видно из диаграммы, представленной на рис. 2. Характер этой изменчивости немонотонный и в течение года, и в многолетний период.

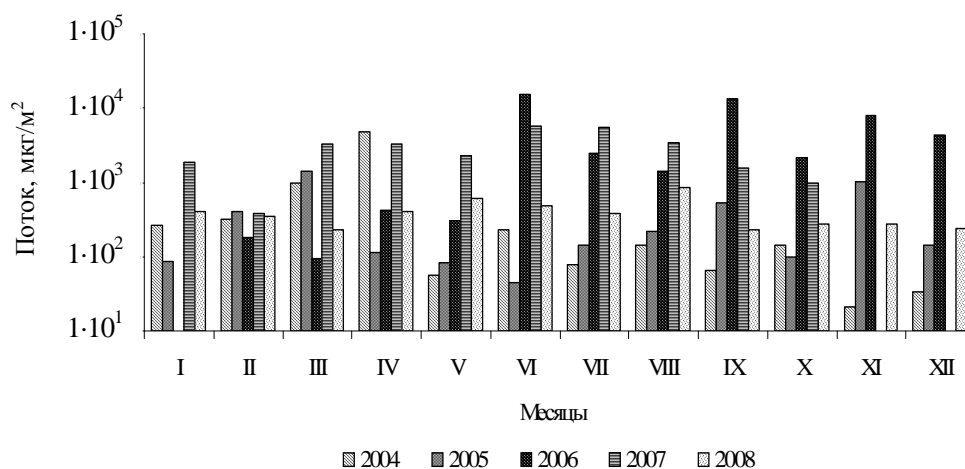
Временная изменчивость наблюдается и для величин отношений концентраций элементов ($\text{мкг}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$) в атмосферных выпадениях, что видно на примере элементов – химических аналогов из подгрупп Периодической системы Д.И. Менделеева (табл. 3). Во-первых, из табл. 3 следует, что диапазоны изменчивости отношений концентраций в атмосферных выпадениях значительны и для ряда пар элементов границы их диапазонов не совпадают с отношениями их кларков в земной коре (например, пары элементов К и Rb, Fe и Ni, As и Sb, Cd и Hg). Во-вторых, согласно табл. 3, эти выпадения обогащены тяжелыми элементами – химическими аналогами, по сравнению с величинами отношений кларков этих элементов в земной коре. Так, величины отношений средних концентраций элементов ($\text{мкг}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$) за 5 лет в парах химических аналогов Cu:Ag, Zn:Cd, Cd:Hg, As:Sb, Fe:Ni, K:Rb и Rb:Cs мень-

ше, чем в земной коре. Эти данные позволяют сделать вывод, что в настоящее время в регионе Черного моря более интенсивно протекает техногенная миграция тяжелых химических аналогов по сравнению с легкими элементами-аналогами и, следовательно, загрязнение водной поверхности и суши становится более опасным.

Т а б л и ц а 2

Суммарное значение потоков элементов (т) в Севастопольской бухте в 2004 – 2008 гг.

Элементы	Потоки элементов	Элементы	Потоки элементов	Элементы	Потоки элементов
Na	201	Ba	0,72	Mo	0,010
K	93	Zn	2,62	W	0,007
Rb	0,04	Cd	0,013	Se	0,004
Cs	0,002	Hg	0,005	Mn	1,71
Cu	2,15	Hf	0,003	Br	0,82
Ag	0,007	Ta	0,0003	Fe	28
Au	0,0002	As	0,008	Co	0,010
Ca	397	Sb	1,19	Ni	0,24
Sr	1,98	Cr	0,49		



Р и с. 2. Ежемесячные (2004 – 2008 гг.) потоки (мкг/м²·мес) суммы всех изученных элементов в растворимой и нерастворимой формах из атмосферы на водную поверхность (МГ «Севастополь»)

Относительный элементный состав в атмосферных выпадениях

Группа элементов	Отношение элементов в выпадениях	Диапазон отношений концентраций (мкг/м ² ·год) элементов в выпадениях 2004 – 2008 гг.	Отношения кларков элементов в земной коре	Отношения средних концентраций элементов (мкг/м ² ·год) в 2004 – 2008 гг.
Na, K, Rb, Cs	Na:K	0,7 (2005 г.) – 4,3 (2007 г.)	1,0	2,2
	K:Rb	3080 (2006) – 660 (2008)	66	21
	Rb:Cs	10 (2004) – 47 (2007)	40	2,9
Cu, Ag, Au	Cu:Ag	600 (2006) – 100 (2008)	614	303
	Ag:Au	20 (2005) – 125 (2007)	18	35
Ca, Sr, Ba	Ca:Sr	1157 (2005) – 168 (2006)	87	201
	Sr:Ba	0,8 (2005) – 4,2 (2006)	0,5	2,8
Zn, Cd, Hg	Zn:Cd	52 (2004) – 3740 (2007)	~640	197
	Cd:Hg	~370 (2007) – 3000 (2008)	~1840	2,8
As, Sb	As:Sb	0,4 (2004) – ~0,001 (2008)	3,4	0,006
Fe, Co, Ni	Fe:Co	2000 (2005) – 5300 (2008)	~2590	2809
	Fe:Ni	39 (2004) – 228 (2005)	805	120

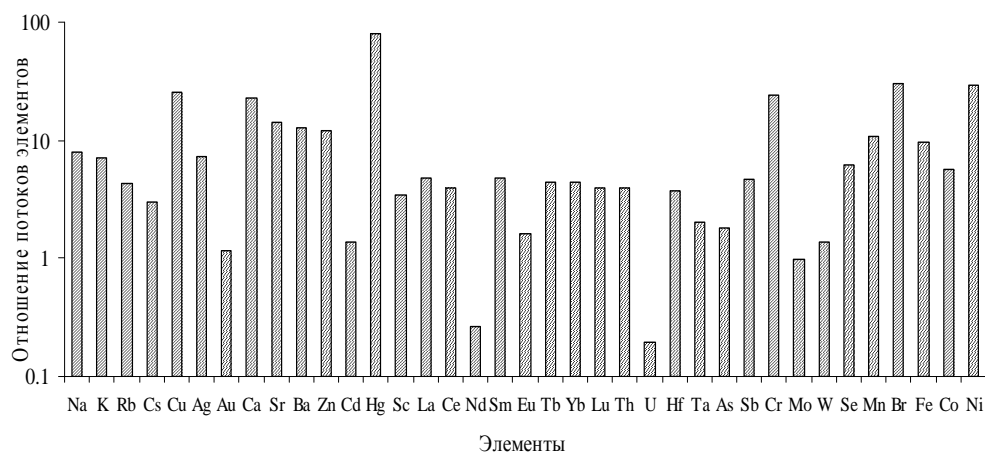
Изменчивость потоков элементов на территории г. Севастополя и ЮБК в 2004 и 2008 гг. Пространственная (между МГ «Севастополь» и МО УкрНИГМИ) изменчивость потоков нерастворимой и растворимой форм соединений элементов представлена в табл. 4, из которой следует, что в 2004 г. существенная изменчивость по пространству свойственна обеим формам. Так, нерастворимая форма преобладала в потоках, поступивших в пробоотборник МО УкрНИГМИ, для всех элементов, кроме Na, K, Ca, Sr, Ba, Cd, Hf, W, Ni, а растворимая форма – в потоках для всех элементов, поступивших в пробоотборник на МГ «Севастополь». Преимущественное поступление в растворимой форме, по-видимому, связано с близостью пробоотбора к морю или к источникам поступления элементов в атмосферу.

Результаты мониторинга в мае – августе 2008 г., представленные на диаграмме рис. 3, показывают, что потоки всех элементов в нерастворимой форме, за исключением потоков Mo, выше в районе г. Севастополя. При этом потоки Au, Cd, As, W в МГ «Севастополь» выше, чем на ЮБК (ДЛОЦ «Артек»), в 1,2 – 1,8 раза. Наиболее высокие различия наблюдались для Fe, Cu, Ca, Sr, Ba, Zn, Cr, Mn, Br, Ni, Hg, их превышение было в 10 (Fe) – 80 (Hg) раз, в том числе среди тяжелых металлов Cu был выше в 25 раз, Cr – в 24 раза, Ni – в 30 раз, среди макроэлементов Ca превышал в 23 раза, Br – в 30 раз. На рис. 3 для сравнения показаны аналогичные диаграммы для редкоземельных элементов, тория и урана, рассчитанные по данным [2]. Видно, что потоки этих элементов, выпавших в г. Севастополе, были выше, чем на ЮБК за тот же период, за исключением потоков Nd и U.

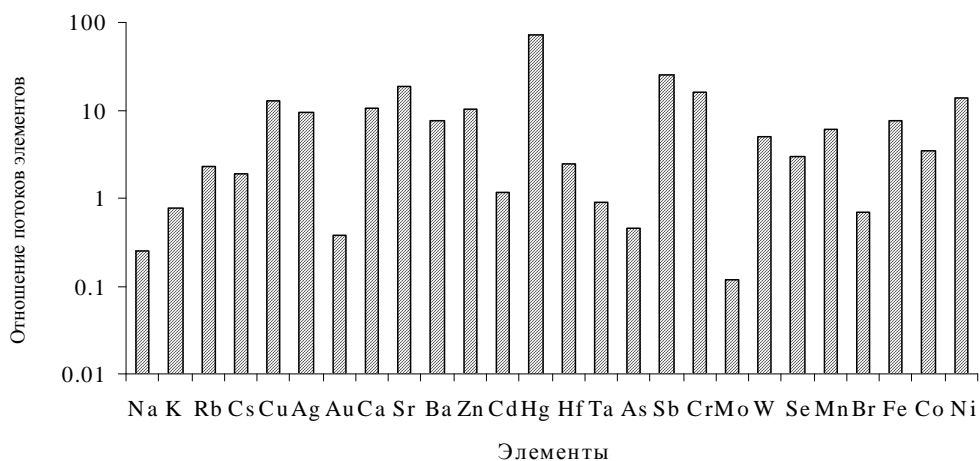
**Экстремальные и средние потоки элементов (мкг/м²·мес) в атмосферных
выпадениях на территории МО УкрНИГМИ и МГ «Севастополь»
в марте – ноябре 2004 г.**

Эле- менты	МО УкрНИГМИ			МГ «Севастополь»		
	min	max	среднее	min	max	среднее
Na	620/0,24	2100/13000	1100/4700	730/0,08	4300/139000	2400/23000
K	720/0,24	9200/46000	4800/8000	400/0,04	16000/31000	9000/9600
Rb	5,44/0,005	250/0,30	51/0,11	4,03/0,0001	66/8,55	27/1,20
Cs	0,16/0,0004	140/0,04	18/0,01	0,17/0,0004	3,96/4,72	1,31/0,81
Cu	0,77/0,002	730/240	310/62	0,76/0,002	630/2500	220/540
Ag	0,85/0,002	170/0,50	20/0,14	1,17/0,00004	25/5,69	5,98/0,82
Au	0,01/0,0002	11/0,04	1,63/0,01	0,01/0,00002	0,68/0,36	0,17/0,05
Ca	0,005/0,68	53000/1310000	6500/179000	0,28/1,66	108000/4566000	13000/609000
Sr	0,17/0,004	480/520	140/130	0,85/0,001	1100/4600	230/690
Ba	58/0,40	480/140	260/60	60/5,55	1500/1400	440/290
Zn	350/0,005	42000/220	10000/68	340/0,0001	3200/3500	2000/730
Cd	2,82/0,18	72/0,29	18/0,24	4,03/0,13	100/5,90	28/2,10
Hg	0,24/0,0004	79/0,06	9,39/0,01	0,04/0,0001	1,61/1,77	0,82/0,20
Hf	0,41/0,006	4,20/0,17	1,67/0,05	0,18/0,0002	31/6,52	5,87/1,72
Ta	0,07/0,0004	30/0,04	4,03/0,01	0,04/0,002	1,29/1,03	0,52/0,17
As	1,57/0,002	600/0,74	110/0,11	1,78/0,002	17/20	6,59/4,63
Sb	6,05/0,28	760/3,12	150/1,51	4,60/0,02	69/29	24/7,76
Cr	12/0,01	14000/230	2000/40	13/0,0001	2100/470	650/71
Mo	0,40/0,004	340/7,21	63/1,83	0,33/0,00004	80/13	11/3,24
W	1,54/0,004	4,03/0,18	2,89/0,05	0,33/0,0004	22/0,27	4,96/0,07
Se	0,40/0,002	260/1,64	33/0,68	0,40/0,0002	24/17	4,20/2,86
Mn	160/0,008	66000/63	14000/9,11	160/0,0005	20000/4300	4100/480
Br	2,82/0,01	2200/90	260/23	7,46/0,0007	2000/1400	240/200
Fe	16/0,02	229000/720	61000/130	16/0,00005	95000/50000	28000/7200
Co	2,54/0,01	670/0,97	90/0,22	0,88/0,02	69/23	14/3,71
Ni	40/0,004	7400/41	1600/12	40/0,0001	6400/440	860/94

П р и м е ч а н и е. Потоки нерастворимой формы элементов – числитель, растворимой формы – знаменатель.



Р и с. 3. Диаграмма отношений потоков нерастворимой формы элементов в атмосферных осадках на МГ «Севастополь» и ДЛОЦ «Артек» в период мониторинга (май – август 2008 г.)



Р и с. 4. Диаграмма отношений потоков суммы нерастворимой и растворимой форм элементов в атмосферных осадках на МГ «Севастополь» и ДЛОЦ «Артек» в августе 2008 г.

Диаграмма отношений суммы нерастворимой и растворимой форм потоков элементов (рис. 4) свидетельствует, что в августе 2008 г. потоки Na, K, Au, Ta, As, Mo, Br в районе МГ «Севастополь» были ниже, чем в районе ЮБК.

Выводы.

1. Мониторинг поступления Na, K, Rb, Cs, Cu, Ag, Au, Ca, Sr, Ba, Zn, Cd, Hg, Hf, Ta, As, Sb, Cr, Se, Mo, W, Mn, Br, Fe, Co, Ni с атмосферными выпадениями на водную поверхность г. Севастополя (на МГ «Севастополь» в 2004 –

2008 г. и на МО УкрНИГМИ в 2004 г.) и пгт Гурзуф (Южный берег Крыма, ДЛОЦ «Артек», в 2008 г.) с применением многоэлементного нейтронно-активационного и рентгенорадиометрического анализа позволил выявить закономерности пространственно-временной изменчивости потоков этих элементов в указанных районах Крыма.

2. Изученные элементы относятся к I, II, IV – VIII группам Периодической системы Д.И. Менделеева, они содержатся в атмосферных выпадениях в форме нерастворимых и растворимых в воде химических соединений, соотношения между которыми переменны во времени и пространстве.

3. Атмосферные выпадения являются для двух исследованных районов значимыми источниками загрязнения. В период 2004 – 2008 гг. на территории МГ «Севастополь» выпало в сумме всех 26 элементов в обеих химических формах ($\text{г}/\text{м}^2$): в январе – 2,6, в феврале – 1,6, в марте – 6,1, в апреле – 8,9, в мае – 3,3, в июне – 21,5, в июле – 8,7, в августе – 6,1, в сентябре – 15,6, в октябре – 3,6, в ноябре – 9,2, в декабре – 4,7, в том числе ($\text{мг}/\text{м}^2$): Cu – 271, Sr – 248, Ba – 90, Zn – 329, Cd – 1,67, Hg – 0,60, As – 0,95, Cr – 62, Mo – 1,30, W – 0,93, Se – 0,45, Mn – 215, Br – 103, Fe – 3570, Co – 1,27, Ni – 30.

4. Пространственная изменчивость суммы всех 26 элементов в 2004 г. в нерастворимой и растворимой формах ($\text{мг}/\text{м}^2 \cdot \text{мес}$) составила: 21 – 1340 (средняя 290) на МО УкрНИГМИ и 21 – 4680 (средняя 710) на МГ «Севастополь»; пространственная изменчивость суммы 16 нормируемых элементов в обеих химических формах ($\text{мг}/\text{м}^2 \cdot \text{мес}$) следующая: 3 – 340 (средняя 89) на МО УкрНИГМИ и 5 – 130 (средняя 47) на МГ «Севастополь».

5. На территории г. Севастополя в 2008 г. потоки всех элементов, за исключением Na, K, Au, Ta, As, Mo, Br, были более интенсивны, чем на территории пгт Гурзуф (ЮБК). Например, потоки Hg были выше в 80 раз, Cu – в 10 раз, Fe, Ba – в 8 раз, в то же время потоки As на Южном берегу Крыма были выше, чем в г. Севастополе, в 3 раза. Потоки Cd в обоих районах были одинаковы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин Ю.П., Рябинин А.И., Мальченко Ю.А., Боброва С.А. и др. Состояние загрязнения атмосферных осадков г. Севастополя в 1997 – 2006 годах // Тр. Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института. – 2006. – № 255. – С. 165 – 183.
2. Рябинин А.И., Боброва С.А., Еркушов В.Ю. и др. Мониторинг миграции тория, урана и редкоземельных элементов с атмосферными осадками на водную поверхность в районах г. Севастополя и Южного берега Крыма в 2004 – 2008 годах // Системы контроля окружающей среды. Средства, информационные технологии и мониторинг. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2009. – С. 347 – 351.
3. Рябинин А.И., Шibaева С.А., Катунина Е.В., Еркушов В.Ю. Методики физико-химической подготовки проб для определения микроэлементов многоэлементным нейтронно-активационным методом в морских, атмосферных, хозяйственно-питьевых и сточных водах // Там же. – 2008. – С. 378 – 383.

4. *Обобщенный* перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для вод рыбохозяйственных водоемов. – М.: Минрыбхоз СССР – Главрыбвод, 1990. – 46 с.

Морское отделение
Украинского научно-исследовательского
гидрометеорологического института,
Севастополь
E-mail: mb_uhmi@stel.sebastopol.ua

Материал поступил
в редакцию 02.04.10
После доработки 19.07.10

АНОТАЦІЯ Вивчена просторово-часова мінливість надходження потоків 26 елементів (Na, K, Rb, Cs, Cu, Ag, Au, Ca, Sr, Ba, Zn, Cd, Hg, Hf, Ta, As, Sb, Cr, Se, Mo, W, Mn, Br, Fe, Co, Ni) з атмосферними випаданнями на водну поверхню в районах м. Севастополя і Південного берега Криму. Виявлено ряд загальних закономірностей надходження суми вказаних елементів, а також їх розчинної та нерозчинної форм і приведені характеристики їх просторово-часової мінливості.

Ключові слова: атмосферні випадання, хімічні елементи, просторово-часова мінливість.

ABSTRACT Studied is the spatial-temporal variability of fluxes of 26 elements (Na, K, Rb, Cs, Cu, Ag, Au, Ca, Sr, Ba, Zn, Cd, Hg, Hf, Ta, As, Sb, Cr, Se, Mo, W, Mn, Br, Fe, Co and Ni) entering the sea surface with atmospheric fallouts in the region of Sevastopol and the Crimean Southern coast. A number of common regularities of a sum of the above-mentioned elements and their soluble and insoluble forms are revealed. The characteristics of their spatial-temporal variability are given.

Keywords: atmospheric fallout, chemical elements, spatial-temporal variability.