

В. Л. АНАНЯН, Л. А. АРАРАТЯН, Б. Х. МЕЖУНЦ, Р. Г. РЕВАЗЯН,
Э. А. САФРАЗБЕКЯН

О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В АРМЕНИИ

В 1989—1990 гг. изучался макро- и микроэлементный состав осадков в 18 пунктах Армении. Минерализация осадков колеблется от 66 до 483 мг/л, в среднем по республике—163 мг/л. Микроэлементы определялись отдельно в жидкой фазе дождя и во взвеси. Концентрация микроэлементов в осадках составила 1,0—14,9%, в среднем 3,3% от общего содержания ионов (макро- и микроэлементов). На первом месте по содержанию находится Fe—68,4—96,4% от суммы, на втором—Ti и Mn. Железо, титан и свинец в основном содержатся во взвеси, т. е. в пылевых отложениях. Отмечается тенденция к повышению концентрации химических веществ в атмосферных осадках по сравнению с 1960—1970 годами.

Мониторинг за химическим составом атмосферных осадков представляет большой интерес. Во-первых, осадки являются одним из звеньев в круговороте веществ в природе, с которыми происходит поступление значительного количества веществ в почву и растения. При этом химические вещества поступают в форме растворов, т. е. в биогеохимически активной форме. Во-вторых, атмосферные осадки являются очень чутким индикатором антропогенного загрязнения среды и путей переноса загрязняющих веществ на значительные территории.

Возрастающие масштабы влияния хозяйственной деятельности человека существенно повысили значение антропогенного фактора загрязнения среды. Основными источниками выбросов являются: сжигание топлива, утилизация отходов, металлургия и другие производства.

В условиях горного рельефа перемещение воздушных масс, несущих различные примеси, имеет очень сложный характер. При этом может быть так, что близлежащие от источника районы будут загрязняться меньше, чем более отдаленные, а где-то далеко может происходить концентрирование этих веществ. Исследования, проведенные в Армении, показали, что на расстоянии 100—300 км средние концентрации ионов в осадках изменяются от 50 до 130 мг/л [4]. Исследования В. Л. Ананяна и Л. А. Араратяна [1] показали, что по вертикальному профилю в полупустынном, лугостепном и лесном поясах средние многолетние показатели атмосферных отложений (осадки+пыль) составили соответственно 896—741, 465 и 305 кг/га. Между величиной атмосферных осадков и количеством отложений имеется тесная обратная корреляционная зависимость.

В плане изучения экологического нарушения миграции химических элементов в системе атмосферные осадки—почва—растение с

1989 года проводится изучение макро— и микроэлементного состава атмосферных выпадений в 18 пунктах Армении.

Пробы дождевой воды собирались по договоренности на гидрометеорологических станциях в полиэтиленовые 2-литровые сосуды, куда предварительно накапывали толуол. Пробы фильтровали. Часть фильтрата после выпаривания и высушивания при 105°С использовали для определения микроэлементов. В оставшейся части фильтрата, т. е. в жидкой фазе дождя, определяли Ca, Mg, K, Na, SO₄, Cl, HCO₃ и pH методами, принятыми в гидрохимических исследованиях. Остаток взвеси (пылевые отложения) на фильтре озоляли при 450° С, взвешивали. Микроэлементы Fe, Ti, Mn, Ni, Cu, Pb, Mo, В определяли в сухом остатке жидкой фазы и озоленном остатке взвеси методом количественного спектрального анализа.

В табл. 1 приведены наименования пунктов, откуда брались пробы дождевых вод, указаны высотные отметки гидрометеорологических станций, а также количество осадков за 1989 год.

Таблица 1

Пункты обследования

Номера	Наименования пунктов	Высота н.у.м., м	Осадки за 1989 г. мм	Распределение по сезонам
1	Арагац	3250	701,6	О>Л>З>В
2	Котайбулах	1891	531,0	О>В>З>Л
3	Арагат	818	133,0	Л>О>В>З
4	Армавир	861	166,0	О>В>Л>З
5	Ереван	910	218,0	О>В>Л>З
6	Раздан	1765	533,5	О>В>Л>З
7	Севан	1918	484,7	О>Л>В>З
8	Семеновка	2104	594,7	О>Л>В>З
9	Дилижан	1256	587,1	Л>О>В>З
10	Иджеван	732	511,6	О>Л>В>З
11	Берд	934	346,9	О>Л>В>З
12	Гюмри	1556	450,7	О>Л>В>З
13	Ванадзор	1350	501,2	О>Л>В>З
14	Степанаван	1397	585,0	Л>О>В>З
15	Одзун	1127	488,1	О>Л>В>З
16	Сисиан	1580	256,7	О>В>Л>З
17	Горис	1398	525,9	О>В>Л>З
18	Капан	708	354,7	О>В>Л>З

Сравнение с многолетними показателями максимальных и минимальных осадков показывает, что в 1989 году количество выпавших осадков близко к минимальному уровню. Основное количество осадков почти во всех пунктах, за некоторым исключением, выпадало осенью, а меньше всего зимой. Лето и весна меняли свое место в ряду.

Запыленность воздуха. В табл. 2 рассмотрены данные о количествах сухого остатка жидкой фазы дождя и взвеси. Взвесь—это частички пыли, которые с дождем осаждаются на землю. Как показывают данные, содержание пыли в атмосферных осадках в пунктах, расположенных в различных почвенно-климатических условиях, сильно варьировало. В пределах одного пункта в зависимости от сроков взятия проб количество сухого остатка жидкой фазы дождя и взвеси колеблется в значительной степени. Наибольшая запыленность воздуха отмечалась в Ванадзоре в июне и августе—81,0—85,7%. В Гюм-

ри в те же месяцы эти показатели составили 28,5—51,5%, в Степанаване—47,4—59,0%. В Арарате, где запыленность воздуха должна быть высокой по причине работы цементного завода, получены сравнительно пониженные показатели в мае—32,7%, в сентябре—10,6%. Отсутствие четкой картины связано с большим разнообразием природных (типы почв, количество осадков, ветры, растительный покров, температура и др.) и антропогенных факторов, а также месторасположением гидрометстанций по отношению к источникам, загрязняющим воздушный бассейн.

Таблица 2

Количество сухого остатка и взвеси в осадках

Пункты	С р о к и	мг/л			% взвеси от суммы
		сухой остаток	взвесь	сумма	
1	6. VII	51,9	29,1	81,0	36,0
2	9. VIII	96,9	42,0	138,9	30,2
3	13. V	592,1	288,7	880,8	32,7
	28. IX	147,1	17,4	174,6	10,6
4	20. VI	424,0	193,6	617,6	31,3
5	13. V	233,8	71,8	305,6	23,5
6	16. VI	106,3	50,2	156,0	32,1
7	16. VI	76,3	23,6	99,9	23,6
	28. VI	57,6	29,6	87,2	34,0
8	16. VI	67,1	57,4	124,5	46,1
10	16. VI	120,0	51,5	171,1	30,0
	13. VII	53,6	36,3	89,9	40,4
11	6. VII	223,0	28,4	251,4	11,3
12	21. VI	159,0	63,2	222,2	28,5
	26. VIII	49,2	52,2	101,4	51,5
13	21. VI	115,0	488,0	603,0	81,0
	21. VIII	54,6	328,4	383,0	85,7
14	21. VI	69,2	62,3	131,5	47,4
	28. VIII	44,1	63,5	107,6	59,0
15	21. VI	181,6	67,1	248,7	26,9
	28. VIII	30,0	43,2	73,2	59,6
16	20. VI	96,2	49,8	146,0	34,1
	18. XI	147,0	173,2	320,2	54,1
17	20. VI	87,8	75,1	162,9	46,1
	13. XI	87,0	149,0	236,0	63,1

Во всех пунктах количество механических примесей (взвесь) в дождевой воде колебалось в больших пределах—10,6—85,7%, а в среднем составило 40,7% от суммы. Из 25 случаев только в 9-и процент взвеси или «запыленность» выше среднего показателя.

Самый низкий показатель суммарных отложений, т. е. сухой остаток жидкой фазы дождя плюс взвесь, отмечен на Арагаце (3250 м. н. у. м.) и на полуострове оз. Севан. В одном и том же пункте наблюдаются колебания между сроками взятия проб. Так, например, в Арарате различие составило 5 раз, а в остальных пунктах до 2-х раз.

pH осадков. Многочисленные исследования [5,9] в США, Западной Европе, бывшей СССР показывают, что pH атмосферных осадков обычно колеблется в пределах 5—6, опускается до 3—4 [7]. В Армении, по данным [3], pH атмосферных осадков колебалось в пределах

6,6—7,4. По данным Г. К. Габриеляна [2], рН снеговых вод, собранных по всей республике в течение 1987—1989 годов, в большинстве случаев колебалось в пределах 6—7.

Приведенные в табл. 3 данные показали, что рН дождевых вод, собранных в течение 1989 г., имеют в основном нейтральную или слабо-щелочную реакцию, за исключением четырех случаев: Гюмри—VI—VIII месяцы—6,5—6,4, Одзун VI—6,6, Степанаван—VIII—6,8. В среднем для 35 случаев рН равнялся 7,43.

Таблица 3

рН и концентрация макропримесей химических веществ в атмосферных осадках. 1989 г. (мг/л—средние).

Пункты	Кол во определений	Ca	Mg	K	Na	SO ₄	Cl	HCO ₃	рН
1	3	5,6	5,3	2,3	2,7	14,8	9,9	24,4	7,2—7,7
2	2	15,6	29,2	2,2	2,3	24,7	11,3	34,1	7,3
3	3	35,7	7,0	10,5	19,3	119,1	34,0	81,3	7,4
4	1	66,0	12,0	10,1	23,5	70,1	53,8	165,9	8,0
5	1	10,6	10,0	11,0	26,7	159,4	48,1	190,3	—
6	5	13,0	3,7	3,0	4,0	42,2	13,0	39,0	7,1—7,5
7	5	9,4	5,5	2,0	2,2	25,7	10,7	29,1	7,0—7,3
8	3	12,0	2,4	2,3	1,9	33,6	10,4	34,2	7,3
9	4	9,4	2,3	2,6	3,2	30,0	10,6	31,7	7,0—7,5
10	3	10,7	3,2	1,5	1,8	27,0	9,4	26,0	7,3
11	5	19,6	7,5	2,9	4,8	32,6	14,1	28,3	6,5—7,4
12	5	16,5	2,6	1,3	1,9	41,0	8,5	61,8	7,1
13	1	4,8	1,0	8,6	23,5	68,2	34,0	9,8	7,0
14	3	7,2	0,7	2,3	6,1	21,6	12,7	34,2	6,8—7,4
15	4	9,6	3,1	1,2	1,3	104,3	9,2	20,7	6,6—7,1
16	3	17,6	7,7	6,3	6,0	47,0	13,2	47,1	7,3
17	3	15,2	13,6	1,7	1,9	42,7	8,5	48,9	7,3
18	3	12,8	8,6	1,8	11,3	56,0	21,7	22,0	7,9

По региону:
крайние показатели-числитель,
среднее-знаменатель.

$$\text{Ca} - \frac{6,4-8,0}{7,4} ; \text{Mg} - \frac{0,4-39,8}{6,0} ; \text{K} - \frac{0,5-19,6}{4,3}$$

$$\text{Na} - \frac{0,7-43,7}{5,4} ; \text{SO}_4 - \frac{11,5-201,6}{49,2} ; \text{Cl} - \frac{5,6-56,6}{14,7}$$

$$\text{HCO}_3 - \frac{9,8-190,3}{41,7}$$

Ряды по средним катионы—Ca>Mg>Na>K

анионы—SO₄>HCO₃>Cl

Таким образом можно утверждать, что кислотных осадков на территории Армении нет. Как справедливо указывает Г. К. Габриелян [2], на территории Армении в большинстве случаев наблюдается наличие карбонатной коры выветривания. Основным типоморфным элементом является кальций, в результате чего атмосфера обогащается кальцием, гидрокарбонатами, магнием, натрием, которые нейтрализуют кислотные выбросы ряда предприятий.

Макроэлементы. Приведенные в табл. 3 данные показывают, что самые загрязненные атмосферные осадки наблюдаются в Арарате, Армавире, Ереване, где осадки систематически загрязняются выбросами различных предприятий. В других пунктах загрязнение атмо-

сферного бассейна происходит периодически в различные сроки. Сравнительно чистыми пунктами являются Арагац, Дилижан, Иджеван.

Исследования [2, 3] показали, что в Армении преобладающей примесью в осадках является гидрокарбонатный ион, второе место в анионном составе занимает сульфат-ион, но иногда встречаются осадки, где сульфат-ион занимает первое место. Как показали наши данные (табл. 3), из 42-х случаев в 25-и на первом месте находится гидрокарбонатный ион, в 17-и—сульфат-ион. Как указывалось выше, после землетрясения основной источник, выбрасывающий сульфат-ион в атмосферу, — Алавердский комбинат был закрыт. Тем не менее источники загрязнения атмосферы сульфат-ионом в Армении еще имеются. Имеет место также и перенос из других регионов, как это наблюдается в пункте Берд.

По усредненным показателям для территории Армении катионы составляют ряд: $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}$, анионы $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$. Нарушение этих рядов указывает на загрязнение атмосферы промышленными выбросами.

Мы сравнили наши данные за 1989 г. с показателями, полученными и усредненными за период 1963—1970 гг. и 1972 г. [3]. Приведенные в табл. 4 данные показывают, что почти во всех пунктах наблюдается тенденция к повышению концентрации химических веществ в атмосферных осадках. Особенно это касается сульфат-иона, концен-

Таблица 4

Изменение концентрации химических веществ в атмосферных осадках за период 1963—1970 гг. [3]—I и 1989 г. —(наши данные) —II. мг/л.

Пункты	Периоды	pH	Ca	Mg	K	Na	SO ₄	Cl	HCO ₃
3.	I	7.18	35.2	4.8	13.8	11.3	39.9	16.0	96.3
	II	7.40	35.7	7.0	10.5	19.3	119.1	34.0	81.3
6.	I	6.74	6.8	3.1	1.5	2.0	12.6	6.0	26.0
	II	7.35	13.0	3.7	3.4	4.0	42.2	13.0	39.0
7.	I	6.76	7.9	2.3	1.4	2.1	8.6	6.0	26.1
	II	7.18	9.4	5.5	2.0	2.2	25.7	10.7	29.2
8.	I	6.72	6.5	2.3	1.9	1.6	8.9	5.2	23.5
	II	7.35	12.0	2.4	2.3	1.9	33.6	10.4	34.2
9.	I	6.74	5.7	2.0	2.3	3.5	7.0	6.1	29.3
	II	7.21	9.4	2.3	2.6	3.2	30.0	10.6	31.7
10.	I	6.79	8.2	2.1	2.7	3.2	7.0	9.1	34.1
	II	7.17	10.7	3.2	1.5	1.8	27.8	9.4	26.0
15.	I*)	6.71	29.8	6.9	1.3	2.2	49.4	7.7	17.7
	II	6.87	9.6	3.1	1.2	1.3	55.7**)	9.2	20.7
13.	I*)	7.36	21.2	3.9	3.3	7.7	51.7	8.7	62.7
	II	7.12	16.5	2.6	1.4	1.9	41.0	8.5	61.8
18.	I*)	7.02	4.6	1.4	0.5	1.1	7.1	3.1	20.6
	II	7.95	12.8	8.6	1.8	11.3	56.0	21.7	22.0

*) За 1972 г., **) После закрытия Алавердского комбината.

трация которого в большинстве пунктов повысилась в 3—4 раза, в Капане—8 раз. В пункте Одзун и Ванадзоре разница небольшая—1,1—1,2 раза. В Одзуне концентрация сульфат-иона всегда была высокая за счет Алавердского горно-металлургического комбината. После его закрытия концентрация SO_4 снизилась. Данные показывают, что в Армении и поныне имеются источники выбросов соединений серы (ТЭЦ-ы и др.), имеет место также и привнос извне.

Наблюдается также повышение концентрации хлор-иона в большинстве исследуемых пунктов в 1,8—2 раза, в Капане—7 раз. В пунктах Иджеван, Ванадзор, Одзун содержание его находится почти на том же уровне, что и в 1963—1970 гг. Концентрация гидрокарбонатного иона почти не изменилась, местами отмечается даже снижение.

Из катионов концентрация Са в большинстве пунктов несколько повысилась, за исключением пунктов Одзун и Ванадзор, где наблюдается снижение. Концентрация Mg, К и Na в большинстве пунктов находится на уровне 1963—1970 гг.

Проведенные в различных регионах Европейской территории СССР исследования показали (табл. 5), что в промышленных районах по сравнению с фоновыми, содержание макрокомпонентов химических веществ в осадках существенно выше. Концентрация веществ в атмосферных осадках промышленных районов в Центре и Северо-Западе ЕТС почти не отличаются от показателей в Армении. Максимальные концентрации химических веществ в осадках Армении сравнительно выше.

Микроэлементы. Суммарная концентрация *железа* (т. е. жидкая фаза + взвесь) в осадках в исследуемых пунктах колебалась в пределах от 1034 до 7130 $мкг/л$ (табл. 6). Наибольшие выпадения его отмечались в Арарате в мае и Степанаване в августе. В жидкой фазе дождя концентрация *железа* колебалась от 60 до 1100 $мкг/л$, в среднем для всех пунктов—258 $мкг/л$. При этом случаев, превышающих средний показатель, было 7 из 26-и. Наибольшая концентрация Fe в жидкой фазе дождя наблюдалась в Одзуне, Ереване, Горисе, Севане. Наиболее характерной особенностью является то, что основное содержание Fe находится во взвеси, т. е. в пылевых частицах. Отношение взвесь/жидкая фаза показывает, во сколько раз концентрация иона в пыли больше или меньше, чем в жидкой фазе. Так вот, во всех пунктах это отношение для железа было выше единицы и колебалось в пределах 2—55 (табл. 7). Концентрация в значительной степени колебалась в зависимости от сроков взятия проб, особенно во взвеси.

В отличие от железа, *марганец* преимущественно находится в жидкой фазе дождя. Так, отношение взвесь/жидкая фаза дождя колебалось в пределах 0,16—4,7, при этом случаев превышающих единицу, было 7 из 23-х (табл. 7). Повышения концентрации Mn во взвеси наблюдались в Одзуне, Ванадзоре, Армавире, Иджеване. Суммарная концентрация Mn в дождевой воде колебалась в пределах 48,5—583,5 $мкг/л$ (табл. 6), в жидкой фазе дождя 15—580 $мкг/л$ в среднем 129

Концентрация элементов в атмосферных осадках в различных регионах $мг/л$.

	pH	Ca	Mg	K	Na	SO_4^{2-}	Cl	Источник
Фоновые Лит. ССР р-ны VII-VIII-1986 г.	4.6-5.6	0.63-2.2	0.1-0.43	0.1-0.37	0.18-0.55	4.8-10.2	0.31-0.79	Ровинский и др. 1989 [6]
Центр ЕТС	5.4-6.1	3.0-3.3	0.6-0.6	0.6-1.2	1.2-0.7	3.7-6.9	8.6-7.5	Учватов, 1989 [8]
Фоновые р-ны Средние за 1976-1985	6.3-6.9	4.2-7.8	0.8-2.1	0.6-1.2	0.4-1.6	6.6-18.0	7.3-10.0	
Пром. р-ны Северо-Запад ЕТС	6.1-6.9	1.1-7.6	0.3-1.8	0.9-5.2	1.4-5.4	4.3-9.9	9.8-15.4	
Фоновые р-ны Средние за 1976-1985	7.3-8.4	12.9-31.0	0.8-15.1	0.9-50.5	2.3-46.2	47.8-91.0	14.9-19.0	
Пром. р-ны Армения в 17 пунктах за 1989 г.	6.4-8.0	2.4-66.0	0.48-39.8	0.5-19.6	0.7-43.7	11.5-201.6	5.7-56.6	Наши данные

Концентрация микроэлементов в дожде (жидкая фаза+взвесь), мкг/л

П у н к т ы	месяц	Fe	Mn	Zn	Ni	Cu	Pb	Mo [*]	B
1	VII	1277.0	90.9	34.4	4.5	12.6	55.0	2.3	21.2
2	VIII	2356.0	156.6	70.5	7.0	29.0	(59.0)	35.0	25.0
3	V	7130.0	229.0	431.0	26.0	98.0	137.0	47.0	(326.0)
	IX	7676.0	48.5	42.9	5.1	24.7	15.2	8.2	54.6
4	VI	2601.0	129.0	327.0	21.0	65.2	125.9	37.0	83.3
5	V	1508.0	61.0	103.0	10.0	31.0	36.5	15.0	38.0
6	VI	2580.0	132.0	101.0	5.2	18.3	89.0	17.0	37.0
		2935.0	81.0	64.0	6.0	18.6	86.7	30.0	12.7
7	VI	1034.0	68.0	122.0	8.3	13.9	71.8	3.4	23.7
8	VI	4194.0	136.0	218.0	6.7	15.6	101.0	16.0	7.4
10	VII	1927.0	573.5	205.0	5.7	16.3	83.1	2.6	18.0
11	VII	1289.0	149.0	111.0	29.5	42.5	56.0	—	19.6
12	VI	2398.0	124.0	358.0	10.4	29.0	51.3	7.8	29.2
	VIII	2783.0	145.3	49.5	8.1	32.6	41.3	0.8	18.3
13	VIII	5344.0	470.8	204.4	37.7	148.0	89.1	2.1	56.2
14	VI	2582.0	146.0	209.4	9.9	11.5	136.6	3.8	12.7
	VIII	7306.0	158.0	133.2	12.7	35.0	42.1	1.7	17.7
15	VI	4182.0	583.0	411.0	16.8	53.0	142.4	8.9	35.7
	VIII	3103.0	133.8	64.8	5.8	18.9	15.6	1.5	12.6
16	VI	1763.0	151.2	190.3	33.2	20.1	113.9	6.0	27.1
17	VI	1798.0	209.0	75.8	8.7	19.0	82.0	4.4	20.9
В числителе — крайние показатели, в знаменателе — средние		1034	48.5	34.4	4.5	11.5	15.2	0.8	7.4
		7130	573.5	431.0	37.7	148.0	142.2	47.0	83.3
		2885	190	176	4	38.0	78	28	28
В случаях концентрации больше среднего (сп)		в 8 > ср.	в 5 > ср.	в 9 > ср.	в 7 > ср.	в 6 > ср.	в 8 > ср.	в 4 > ср.	в 7 > ср.

*) Мо—определяли только в жидкой фазе дождя.

мкг/л. Превышение концентрации Мп в жидкой фазе выше среднего наблюдалось в 6-ти случаях из 26-и. Наблюдаются значительные колебания Мп в пробах дождя в зависимости от сроков.

Суммарная концентрация титана колеблется от 34,4 до 411,0 мкг/л (табл. 6), в жидкой фазе дождя—от 2,5 до 170 мкг/л, в среднем 43 мкг/л. Содержание Тi во взвеси колеблется в больших пределах—от 2,9 до 499 мкг/л, в среднем 142 мкг/л, при этом превышение от среднего было в 14 случаях из 33-х. Отношение взвесь/жидкая фаза колебалось от 0,1 до 12,7. Отклонений выше единицы наблюдалось в 17 случаях из 22-х (табл. 7). Это означает, что титан в больших количествах содержался во взвеси, т. е. в пылевых отложениях. Наибольшие выпадения титана отмечались в отдельных пробах в Арарате, Армавире, Ванадзоре, Горисе (табл. 6). Самые низкие концентрации наблюдались в пунктах Арагац, Кошабулах.

Таблица 7

Отношение микроэлементов во взвеси к жидкой фазе $\left(\frac{\text{взвесь}}{\text{жидкая фаза}} \right)$

Пункт	Fe	Mn	Ti	Ni	Cu	Pb	V
Арагац	9,8	0,5	12,7	0,7	0,6	4,0	0,06
Кошабулах	8,8	0,3	0,6	1,0	1,0	—	—
Арарат	22	2,8	5,0	1,6	1,6	11,4	0,16
	9,5	2,2	6,1	0,3	5,4	0,3	0,07
Армавир	29,6	2,0	3,8	0,9	0,5	20,3	0,1
Ереван	9,8	1,9	2,0	0,4	0,4	3,8	0,02
Раздан	16,2	0,8	5,0	0,6	0,6	7,9	1,3
	47,9	1,1	1,1	1,0	1,5	0,2	1,4
Севан	4,0	0,3	1,8	0,2	0,4	3,7	0,03
	—	0,2	0,8	0,4	1,6	27,8	1,4
Семнонк	13	0,6	6,0	1,5	2,5	7,4	0,54
Дилижап	—	—	—	—	—	—	—
Илжеван	8,0	4,7	4,3	0,8	0,9	5,3	0,12
Берд	2,0	0,3	0,8	0,1	0,1	1,5	0,03
Гюмри	17,4	0,5	10,5	0,6	0,4	3,6	1,9
	32,5	0,6	2,3	1,7	2,8	0,5	0,4
Ванадзор	32,4	4,7	7,8	11,0	14,0	14,8	3,3
Степанавн	16,2	0,5	6,7	1,8	0,8	16,9	0,3
	55,2	0,7	4,5	2,8	2,5	5,7	0,6
Одзун	4,6	0,1	1,4	0,4	0,8	5,4	0,06
	10,9	0,9	0,2	0,7	1,6	10,1	0,2
Сисиан	8,2	0,16	4,7	0,4	0,4	9,3	0,06
	—	—	—	—	—	—	—
Горис	4,8	0,23	0,6	0,8	0,6	2,5	0,1
	9,8	0,16	10,0	3,2	8,5	—	—
Крайние показатели	2,0— 55,2	0,16— 4,7	0,1— 12,7	0,1— 11	0,1— 14,0	0,2— 27,8	0,02— 3,3
	в 22 > 1	из 23 в 7 > 1	из 23 в 17 > 1	из 23 в 7 > 1	из 23 в 10 > 1	из 21 в 18 > 1	из 21 в 5 > 1

Концентрация никеля колеблется от 4,5 до 37,7 мкг/л, в среднем 14,0 мкг/л (табл. 6). Отношение взвесь/жидкая фаза (табл. 7) колеблется от 0,09 до 11,0 и только в 7-и случаях из 23-х это отношение больше единицы. Это означает, что в основном концентрация Ni находится больше в растворенном состоянии. Повышение концентрации

никеля во взвеси отмечалось в отдельных пробах в Ванадзоре, Сисиане, Арарате. Наименьшие его концентрации наблюдались на Арагаце, в Кошабулахе, Иджеване.

Суммарное содержание *меди* в атмосферных осадках колеблется от 11,5 до 148 мкг/л, в среднем равно 35,2 мкг/л. Концентраций Си выше среднего отмечено в 6-и случаях из 22-х. Наибольшие суммарные концентрации Си в осадках наблюдались в Ванадзоре, Арарате, Армавире, Сисиане, Горисе. Отношение взвесь/жидкая фаза колебалось в пределах 0,1—14,0, при этом в 11 случаях из 23-х, т. е. примерно наполовину, это отношение выше единицы. Концентрация Си, видимо, в зависимости от обстоятельств, увеличивается или уменьшается то в жидкой фазе дождя, то во взвеси (табл. 6, 7).

Суммарная концентрация *свинца* в атмосферных осадках в Армении в 1989 г. колебалась в пределах 15,2—142,4 мкг/л, в среднем 78,0. При этом в 8 случаях из 22-х концентрация его была выше средней. В зависимости от сроков взятия концентрация Рb в осадках в ряде мест сильно колеблется, так, например, в Одзуне в июне содержалось 142,4 мкг/л, а в августе спустилось до 15,6 мкг/л, в Арарате в мае—137,0 мкг/л, в октябре—15,2 мкг/л. В Горисе в июне и октябре концентрации Рb были почти одинаковые—82,0—87,2 мкг/л. Свинец в основном содержался в твердой фазе дождя во взвеси. Отношение взвесь/жидкая фаза колеблется от 0,2 до 27,8, при этом в 18 случаях из 21 эти показатели выше единицы (табл. 6, 7), т. е. Рb преимущественно содержался в пылевых отложениях.

Суммарная концентрация *бора* в атмосферных осадках колебалась от 7,4 до 83,3 мкг/л, в среднем 28,0 мкг/л. В исследованных пунктах в 7 случаях из 22-х содержание бора в дожде было выше среднего. В Арарате в мае отмечалось резкое повышение концентрации—326 мкг/л, а в октябре снизилось до 54,6 мкг/л. Отношение взвесь/жидкая фаза колеблется от 0,02 до 3,3, при этом только в 5 случаях из 21 этот показатель выше единицы (табл. 6, 7). Это означает, что бор находится преимущественно в растворенном виде в жидкой фазе дождя.

Концентрация *молибдена* низкая. Мо во взвеси не был обнаружен, в жидкой же фазе определен благодаря обогащению при выпаривании 1,5 л жидкости. Концентрация Мо в жидкой фазе дождя колебалась от 0,8 до 47,0 мкг/л, в среднем равнялась 28,0 мкг/л, при этом только в 4-х случаях из 22-х показатели Мо были выше среднего в Арарате, Армавире, Кошабулахе, Раздане (табл. 6). Надо указать на очень резкое повышение концентрации Мо (которое мы не учли при расчете среднего) в апреле 1989 г. в Гюмри—до 420 мкг/л. Очевидно, в результате разрушений, пожаров после землетрясения произошел временный локальный выброс, так как в последующем концентрация Мо в осадках снизилась до 7,8 и 2,1 мкг/л.

Изучено относительное содержание каждого микроэлемента (в % от суммы). Сумма микроэлементов в атмосферных осадках колеба-

лась в пределах 1,35—9,05 мг/л, среднем—3,88 мг/л. При этом только в 9 случаях из 30 сумма микроэлементов была выше среднего. Это те случаи, когда отдельные пробы были взяты в разные сроки в Ара-рате, Севане, Семеновке, Степанаване, Одзуне, Капане, Ванадзоре, Горисе. В пределах одного пункта сумма микроэлементов заметно различается в зависимости от сроков взятия проб, что связано с природными и антропогенными условиями—загрязнением атмосферы производственными выбросами местного характера или привносом извне. Относительные показатели содержания отдельных микроэлементов показывают, что во всех случаях на первом месте стоит Fe—концентрации его составляют 68,4—96,4% от суммы, на 2 и 3 местах находятся Mn и Ti. Медь, свинец и бор занимают средние места без определенной закономерности. Наименьшие концентрации имеют никель и молибден. Крайние относительные содержания их в осадках колеблются Ni—0,05—11,7%, Mo—0,01—1,3% от суммы микроэлементов (не считая пиковых концентраций).

Сравнение концентраций микроэлементов в Армении за 1989 г. с аналогичными данными в других регионах мира [10, 11, 12, 13] показало, что по уровню концентраций микроэлементов территория Армении существенно выше большинства фоновых районов мира, за исключением центра Европейской территории бывшего СССР, Подмосковья и Калифорнии (по Pb), где их уровни близки к данным по Армении.

Центр эколого-ноосферных исследований
НАН РА

Поступила 7.II. 1994.

Վ. Լ. ԱՆԱՆՅԱՆ, Լ. Ա. ԱՐԱՐԱՏՅԱՆ, Բ. Կ. ՄԵԺՈՒՆՅ, Ռ. Հ. ՌԵՎԱԶՅԱՆ,
Է. Ա. ՍԱՅՐԱԶԲԵԿՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆՈՒՄ ՄԹՆՈՂՈՐՏԱՅԻՆ ՏԵՂՈՒՄՆԵՐԻ ՔԻՄԻԱԿԱՆ ԿԱԶՄԻ ՄԱՍԻՆ

1989—90 թթ. ընթացքում Հայաստանի շուրջ 18 շրջաններում (հենակետերում) կատարած անձրևաչրերի քիմիական կազմի ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ դրանց pH-ը հիմնականում ունի շեղոք և թույլ հիմնային ռեակցիա, այսինքն Հայաստանի տարածքում չկան թթվային անձրևաչրեր, քանի որ Cl-ի և SO₄-ի անիոնները շեղոքացվում են Ca, Mg, Na և հիդրոկարբոնատների իոնների բարձր քանակություններով: Միջին ցուցանիշներով անձրևաչրերի կատիոններն ու անիոնները Հայաստանի տարածքում կազմում են հետևյալ նվազող շարքերը՝ Ca > Mg > Na > K և HCO₃ > SO₄ > Cl: Բերված շարքերի խախտումը խոսում է մթնոլորտի աղտոտվածության մասին: Նստվածքներում անիոնները գերազանցում են կատիոններին և կազմում են իոնների ընդհանուր գումարի 65—94%-ը, HCO₃-ի մասնաբաժինը տատանվել է 6,5—62%, իսկ Օձունում սուլֆատ իոնի քանակությունը կազմել է 84% (տվյալները վերցվել են մինչև լեռնամետալուրդիական կոմբինատի փակումը, 1989. VI):

1963—70 թթ. և 1972 թ. ստացված տվյալների հետ համեմատությունը

[3] ցույց է տալիս, որ համարյա բոլոր հենակետերում մթնոլորտային տեղումների քիմիական միացությունների պարունակության բարձրացման միտում է նկատվում: Այն հատկապես վերաբերվում է սուլֆատ իոնին, որի քանակությունը հենակետերի զգալի մասում բարձրացել է 3—4, իսկ Կապանում՝ 8 անգամ: Նշված փաստը խոսում է այն մասին, որ Հայաստանում կան ծծմբի արտանետման աղբյուրներ (ՋէԿ-եր և այլն): Բացառված չէ նաև դրա ներհոսքը: Cl իոնի խտությունը 20—30 տարի անց բարձրացել է 1,8—2 անգամ, իսկ Կապանում՝ 7 անգամ:

Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ իոնների գումարը կամ նրստվածքների հանքայնացումը տատանվել է 66,0-ից մինչև 483,0 մգ/լ, իսկ Հանրապետության միջինը կազմում է 163 մգ/լ: Երևանում, Արարատում, Արմավիրում, Գորիսում և Յձունում արձանագրվել են հանքայնացման միջին մակարդակից բարձր ցուցանիշներ, ընդ որում նստվածքների հանքայնացման զգալի տատանումներ են նկատվել կախված նմուշների վերացման ժամկետից:

Այսպիսով, 1989—90 թթ. ընթացքում կատարած մթնոլորտային տեղումների քիմիական կազմի ուսումնասիրությունները պետք է համարել որպես սիստեմատիկ հսկողություն կամ մոնիտորինգի մի էտապ: Հայաստանում առաջին անգամ մթնոլորտային տեղումներում որոշվել են Fe, Mn, Ti, Ni, Cu, Pb, Mo, B միկրոտարրերի խտությունները: Որոշումները կատարվել են ինչպես տեղումների (անձրևի) հեղուկ ֆազայում, այնպես էլ կախույթահեղուկում (փոշու նստվածքներում): Հստ պարունակության առաջին տեղում է գտնվում երկաթը (68,4—96,4%), երկրորդ տեղում՝ Ti և Mn-ը: Երկաթը, տիտանը և կապարը հիմնականում գտնվում են կախույթահեղուկում: Միկրոտարրերի խտությունը մթնոլորտային տեղումներում կազմում է մակրո և միկրոտարրերի իոնների ընդհանուր քանակության 1,0—14,9%-ը, իսկ բոլոր կետերի համար միջին պարունակությունը կազմում է 3,3%:

V. L. ANANIAN, L. A. ARARATIAN, B. Kh. MEZHUNTS, R. G. REVAZIAN,
E. A. SAFRAZBEKIAN

ON CHEMICAL COMPOSITION OF ATMOSPHERIC PRECIPITATIONS IN ARMENIA

Abstract

Macro- and microelemental compositions of precipitations were studied in 18 sites in Armenia during 1989 to 1990. Precipitation salinity was variable from 66 to 483 mg/l, and the average for the republic was 163 mg/l. Microelements were determined separately in liquid phase of rain and in suspension. Microelemental concentration in precipitations was 1.0 to 14.9%, in average 3.3% of the total content (macro + micro-elements). According to the content the first place is occupied by Fe, the content being 68.4 to 96.4%, the second-Ti and Mn. Iron, titanium and lead are mainly in suspension, i. e. in dust sediments. A tendency for increase in chemical elements concentrations compared to that of 1960—1970 is observed.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ананян В. Л., Ариратян Л. А.* Атмосферные выпадения, их химический состав и радиоактивность в РА. Изд. НАН РА, 1990, 91 с.
2. *Габриелян Г. К.* О загрязнении зимних осадков на территории РА. Изв. НАН РА, Науки о Земле, т. XLIII, № 1, 1990, с. 38—46.
3. *Давтян Г. С., Варданян Т. Т.* Агрехимия биосферы. (Исследования в АрмССР). Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, № 15, 1976 (Исследования в области открытой гидропоники), с. 3—14.
4. *Давтян Г. С., Вардинян Т. Т., Мхоян Л. Н.* Изменение содержания питательных веществ в атмосферных осадках в зависимости от их количества в различных природных зонах Армянской ССР. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, № 17, 1977.
5. *Израэль Ю. А.* и др. Кислые дожди. Гидрометеиздат, 1983, 208 с.
6. *Ровинский Ф. Я.* и др. Влияние кислотных дождей на почвенные растворы и почвы. Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Вып. 5. Л., Гидрометеиздат, 1989, 136 с.
7. *Супаташвили Г. Д.* Гидрохимическая характеристика атмосферных осадков на территории Грузинской ССР. Тр. Тбилисского ун-та, т. 126. Тбилиси: 1968, с. 171—181.
8. *Учватов В. П.* Фоновые и антропогенные потоки вещества в ландшафтах Русской равнины. Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Вып. 5. Л., Гидрометеиздат, 1989, 180 с.
9. *Фолкнер А. Монен.* Кислые дожди. В кн.: В мире науки, 1988, № 10, с. 6—15.
10. *Елпатьевский П. В., Нестеров В. Н.* Химический состав атмосферных осадков Сихоте-Алинского биосферного заповедника как показатель фоновых характеристик атмосферы. Прикладные аспекты программы «Человек и биосфера».—Тр. III. Совещания по координации деятельности национальных комитетов социалистических стран по программе ЮНЕСКО (МАБ), М.: 1983, 196 с.
11. *Петрухин В. А.* и др. Фоновое содержание микроэлементов в природных средах (по мировым данным). Сообщ. 5. Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Вып. 5., Л.: Гидрометеиздат, 1989, с. 4.
12. *Ровинский Ф. Я.* и др. Влияние кислотных дождей на почвенные растворы и почвы. Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Вып. 5. Л.: Гидрометеиздат, 1989, с. 136.
13. *Учватов В. П.* Фоновые и антропогенные потоки вещества в ландшафтах русской равнины. Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Вып. 5. Л.: Гидрометеиздат, 1989, с. 180.