

the existed ideas on this ore region geological structure. Besides that, these data can be used during correlation the ages of magmatic complexes and connected with them are mineralization.

Известия АН Армении. Науки о Земле. 1992, XLV, № 4, 31—40

УДК:551.577.5

В. Л. АНАНЯН, Л. А. АРАРАТЯН, С. В. ГРИГОРЯН, Р. Г. РЕВАЗЯН
Э. А. САФРАЗБЕКЯН

О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В ЗОНЕ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Исследовалось загрязнение атмосферных осадков следующими ионами и тяжелыми металлами: HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Ti, Ni, Cu, Pb, Mo, B, Sn. Специфических особенностей, связанных со Спитакским землетрясением, не обнаружено. Кратковременное резкое повышение минерализации осадков и содержания ряда элементов, особенно молибдена в Ленинакане, вызвано разрушениями, пожарами промышленных предприятий. Загрязнение в пункте Одзун сульфат-ионом было связано с действием Алавердского комбината, т. е. после его закрытия содержание сульфат-иона значительно снизилось.

В связи с интенсивным поступлением химических элементов в атмосферу, дождевые воды активно воздействуют на биогеохимический круговорот веществ. Они, являясь одним из приходных статей баланса веществ, как условие экологической стабильности в экосистемах, одновременно очень чутко реагируют в качестве индикаторов антропогенного загрязнения среды и служат одним из путей переноса загрязняющих веществ на значительные территории.

Поступление аэрозолей в атмосферу над сушей происходит преимущественно за счет химических элементов горных пород при выветривании, разложения растительных остатков и других процессов. На стыке сред вода—атмосфера с морских пространств в атмосферу поступают морские соли, элементы, в основном Cl, Zl, Na, Rb, Cs, B, I и др., которые переносятся на тысячи километров.

Существенным источником поступления химических элементов и их соединений в атмосферу являются также и вулканические извержения, выбрасывающие в атмосферу много газов, соединений, металлов и др.

Возрастающие масштабы влияния хозяйственной деятельности человека существенно повысили значение антропогенного фактора загрязнения окружающей среды. Несомненным является факт значительного техногенного поступления в атмосферу Cu, Ni, Sb, V, Zn и других элементов. Основными источниками выбросов являются: сжигание топлива, утилизация отходов, металлургия и другие производства.

Д. М. Шепези [8] в зависимости от масштаба проявления выделяет следующие типы загрязнения воздуха: локальное, при котором максимальный загрязняющий эффект можно легко отличить от фонового в пределах 10—30 км от источника. Региональное загрязнение распространяется до 200—300 км от источника в зависимости от однородности исследуемого региона; загрязнение континентального масштаба простирается от 300 до 3000 км, а глобального—более 3000 км от источника.

В Армении наибольшая удаленность «чистых» пунктов от источников загрязнения, которых в Армении много, составляет десятки километров, максимум до 100 км в радиусе. Следовательно, можно считать, что вся территория республики подвержена загрязнению локального и регионального характера. Однако 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 отдален-

ные, а где-то далеко может происходить концентрирование этих веществ.

Исследования, проведенные в Армении, показали, что в вертикальном масштабе на расстоянии 100—300 км средние концентрации ионов в осадках изменяются от 50 до 130 мг/л [2]. Исследования В. Л. Ананян и Л. А. Араратяна [1] показали, что по вертикальному профилю в полупустынном, луго-степном и лесном поясах средние многолетние показатели атмосферных отложений (осадки+пылевые отложения) составили соответственно 896—741, 465 и 305 кг/га. Между величиной атмосферных осадков и количеством отложений имеется тесная обратная корреляционная зависимость.

Спитакское землетрясение 7 декабря 1988 г., потрясшее Северную Армению, вызвало очень большие разрушения городов, сел, промышленных предприятий, произошли смещения по сейсмогенным зонам на значительных территориях. Наблюдались выходы газов, в основном радона и торона. В связи с этим представлялось важным проведение исследований химического состава атмосферных осадков в зоне землетрясения.

В данной работе приводятся результаты исследований за период IV—VIII месяцы 1989 года. В трех пунктах, для сравнения, приводятся данные за 1972 г., взятые из работы [2]

Пробы дождевой воды собирались по договоренности на гидрометеорологических станциях в полиэтиленовых сосудах емкостью 2 литра, куда предварительно накапливали толуол. Определения Са, Mg, Na, SO₄²⁻, Cl⁻, HCO₃⁻ и pH проводились в жидкой фазе дождя после фильтрования, методами, принятыми в гидрогеохимических исследованиях. Микроэлементы Fe, Ti, Mn, Cu, Pb, Mo, B, Sn определяли в сухом остатке после выпаривания и высушивания при 105° 1—1,5 литра жидкой фазы дождя методом количественного спектрального анализа.

Приведенные в табл. 1 данные показывают, что pH осадков колебался в Ленинкане от 6,4 до 7,1, в остальных пунктах—6,6—7,4. По

Таблица 1

Концентрация макрокомпонентов химических веществ в атмосферных осадках, мг/л.

Пункт	Год, месяц	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca	Mg	K ⁺	Na ⁺	pH	Сумма ионов
Ленинкан 1989	IV	58,6	44,2	14,2	54,0	16,8	1,6	2,8	7,1	195,6
	V	9,8	22,1	17,0	4,0	0,5	6,2	10,1	6,5	70,0
	VIII	15,3	40,3	17,7	12,0	1,4	4,7	6,0	6,4	97,5
Степанаван 1989	VI	34,2	31,7	14,2	4,0	0,5	3,1	4,1	7,3	92,1
	VIII	34,2	29,8	12,0	8,0	1,4	3,1	2,3	6,9	91,1
Иджеван 1989	VII	34,2	не опр.	8,5	8,0	3,4	1,6	1,8	7,3	—
Берд 1989	VII	9,8	68,2	34,0	4,8	1,0	8,6	26,5	7,0	150,1
Кировакан	1972*	62,7	31,7	8,7	21,2	3,9	3,3	7,7	7,4	107,5
	VI 1989	54,3	37,4	11,0	6,4	0,5	2,3	2,8	7,0	116,0
	VIII 1989	59,2	11,5	8,5	20,0	1,4	1,6	1,8	7,3	94,3
Дилижан	1972*	29,3	7,0	6,1	5,7	2,0	2,3	3,5	6,7	55,2
	VII 1989	23,8	29,8	14,2	8,0	1,9	3,1	4,1	7,2	84,9
Одзун	1972*	17,7	49,4	7,7	29,8	6,9	1,3	2,2	6,7	115,0
	VI 1989	14,6	201,6	11,0	4,8	2,4	2,3	2,3	6,7	239,5
(Узунлар)	VIII 1989	23,8	27,8	12,0	4,8	1,9	0,8	0,9	7,1	72,2
Арагац	VII 1989	34,2	16,3	11,0	3,2	0,5	3,1	4,1	7,4	62,6
Кошабузаг	VIII 1989	48,8	24,0	14,2	19,2	18,7	3,1	3,2	7,3	131,7

* Данные взяты из работы [2].

данным [2], преобладающей примесью в осадках из различных пунктов Армении за 1963—1970 годы является гидрокарбонатный ион; второе, а иногда и третье место в анионном составе занимает сульфатный ион. Надо отметить, что в апреле в Ленинакане отмечалась высокая минерализация осадков—195,6 мг/л, при этом на первом месте был гидрокарбонатный, затем сульфат ион. Резко повышенным было также содержание Са и Mg. Это, очевидно, можно объяснить сильной запыленностью воздуха в результате работ, проводимых по расчистке завалов и др. В последующие V и VIII месяцы минерализация снизилась (70,0 и 97,0 мг/л), а значения концентрации катионов и ионов приблизились к средним показателям по Армении. Изменилось и соотношение анионов—на первое место вышел сульфат-ион.

В Кировакане на первом месте находился гидрокарбонатный ион, затем сульфат-ион, а на третьем месте—хлор-ион. Сопоставление с показателями, полученными еще в 1972 г. [2], показывает, что концентрация ионов в осадках в разное время почти одинакова. Такая же картина получена в Степанаване.

Интересные данные получены для пункта Одзун, расположенного в районе г. Алаверди и подверженного сильному влиянию Алавердского горно-металлургического комбината. Здесь в июне в осадках наблюдалась самая высокая минерализация (табл. 1). Концентрация сульфат-иона была почти на порядок выше, чем в других пунктах. После закрытия комбината в августе концентрация его снизилась почти в 8 раз. В 1972 г. концентрация сульфат иона была существенно выше, чем в августе 1989 г.

Дилижан считается одним из самых чистых уголков Армении. Этот пункт был принят за контрольный или фоновый участок [1, 2]. Судя по данным табл. 1, в июне 1989 г. содержание сульфат-иона значительно превосходило концентрацию его в осадках за 1972 год. Надо учесть, что нами приведен показатель за один месяц. Очевидно, произошло поступление его извне.

По ряду параметров (табл. 1) концентрация химических веществ в осадках Иджевана близка с Дилижаном. Несколько повышено содержание гидрокарбонатного иона.

Представляет интерес пункт Берд. Здесь в июле отмечалась повышенная минерализация осадков, самое высокое содержание хлора по сравнению с другими пунктами и повышенное—сульфат иона. Почти на порядок выше концентрация натрия, а калия—примерно в два раза. Обычно повышенные концентрации натрия, калия, серы и хлора в атмосфере связаны с работой цементных заводов. Загрязнение атмосферы в Берде, очевидно, связано с городом Тауз соседней республики, где имеется аналогичное предприятие.

Как указывалось выше, с повышением местности над уровнем моря минерализация атмосферных осадков уменьшается. Пункт Арагац, расположенный на высоте 3250 м над уровнем моря, должен фактически служить контрольным или фоновым участком. Минерализация осадков в VII месяце была самой низкой—62,6 мг/л. Преобладающим анионом является гидрокарбонатный ион, затем сульфат-ион.

Ниже по склону Арагаца на высоте около 2000 м над уровнем моря в Кошабулахе сумма ионов уже вдвое выше, чем на Арагаце. Преобладающим является гидрокарбонатный ион. Характерной особенностью здесь является повышенное в несколько раз содержание кальция и особенно магния. По всей вероятности, это связано с инверсиями загрязненного воздуха Араратской равнины.

Расчеты показали (табл. 2), что доля анионов от суммы ионов составила 65—94%, за исключением одного наблюдения в Ленинакане, показавшего высокую долю кальция—27%. Доля HCO_3^- колеблется от 14 до 62%, за исключением Одзуна—VI месяц, где 84% всех анионов составил сульфат-ион. Доля хлор иона колебалась в меньших пределах: 9—24%, за исключением Одзуна—VI месяц.

В большинстве пунктов анионы составили ряд $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$.

катионы—Ca > Na > K > Mg. Нарушение этих рядов указывает на загрязнение атмосферы от промышленных предприятий.

Сравнение концентрации химических веществ в атмосферных осадках в Армении с другими регионами страны представляет определенный интерес.

Таблица 2

Относительное содержание химических веществ в атмосферных осадках (% от суммы ионов)

Пункт	Месяц	Сумма ионов мг/л	HCO ₃	SO ₄	Cl	Ca	Mg	K	Na	микро-элементы	Сумма анионов	Ряды
Ленинакан	IV	195,6	30	22	7	27,0	8	0,7	1,4	1,8	59	HCO ₃ > SO ₄ > Cl Ca > Mg > Na > K
	V	70,0	14	31	24	5,7	0,6	8,9	14,4	0,4	69	SO ₄ > Cl > HCO ₃ Na > K > Ca > Mg
	VIII	97,5	15	41	18	12,3	1,4	4,8	6,1	0,2	74	SO ₄ > Cl > HCO ₃ Ca > Na > K > Mg
Кировакан	VI	116,0	47	32	9	5,5	0,4	2,0	2,4	1,1	88	HCO ₃ > SO ₄ > Cl Ca > Na > K > Mg
	VIII	94,3	62	12	9	21,2	1,5	1,6	1,9	0,3	83	HCO ₃ > SO ₄ > Cl Ca > Na > K > Mg
Степанаван	VI	92,1	37	34	15	4,3	0,5	3,4	4,5	0,4	86	HCO ₃ > SO ₄ > Cl Ca > Na > K > Mg
	VIII	91,1	37	32	13	8,8	1,6	3,4	2,5	0,2	82	HCO ₃ > SO ₄ > Cl Ca > K > Na > Mg
Одзун	VI	239,5	6	84	4	2,0	1,0	1,0	1,0	0,7	94	SO ₄ > HCO ₃ > Cl Ca > Na = K = Mg
	VII	72,2	33	39	16	6,6	2,6	1,1	1,3	0,5	88	HCO ₃ > SO ₄ > Cl Ca > Na > K > Mg
Дилижан	VI	84,9	55	35	16	9,4	2,3	3,7	4,9	—	88	HCO ₃ > SO ₄ > Cl Ca > Na > K > Mg
Берд	VII	150,1	7	45	22	3,2	0,6	5,7	15,6	0,3	74	SO ₄ > Cl > HCO ₃ Na > K > Ca > Mg
Арагац	VII	62,6	58	26	17	5,1	0,8	5,0	6,6	0,3	98	HCO ₃ > SO ₄ > Cl 6, b > Ca > K > Mg
Кошабулах	VIII	131,7	37	18	10	14,6	14,2	2,3	2,4	0,4	65	HCO ₃ > SO ₄ > Cl Ca > Mg > Na > K

Проведенные в различных регионах Европейской территории СССР исследования показали (табл. 3), что в промышленных районах, по сравнению с фоновыми, содержание макрокомпонентов химических веществ существенно выше. Для сопоставления этих данных с результатами измерений на различных пунктах Армении в табл. 3 приведены интервалы содержания макрокомпонентов в атмосферных осадках в различных пунктах Армении (по данным табл. 1). При составлении этих рядов были исключены данные по пункту Арагац (фоновый пункт), а также пункт Берд, на который, как уже отмечалось, существенное влияние оказывает расположенное недалеко цементное производство.

Как показывает сравнение приведенных в табл. 3 данных по уровню загрязнения, исследованные районы Армении существенно не отличаются от промышленных районов Центра Европейской территории бывшего СССР.

Микроэлементы в большинстве пунктов (табл. 2) составляют 0,2—0,5% от суммы ионов. Исключением являются осадки, выпавшие в Ленинакане в апреле—1,8%, Кировакане в июне—1,1% и Одзуне—в июне—0,7%. В Ленинакане в этот срок концентрация микроэлементов в атмосферных осадках была резко повышена (табл. 4). Особенно обращает на себя внимание резкое повышение концентрации молибдена—более 2100 мкг/л. В последующие месяцы в Ленинакане и в других пунктах концентрация молибдена колебалась от 1,5 до 35 мкг/л. Очевидно в Ленинакане произошло локальное временное загрязнение молибденом, природа которого неизвестна.

Повышенные концентрации микроэлементов (помимо Ленинакана) наблюдались в VI и VII месяцах в Кировакане, Одзуне и Берде. Если исключить эти четыре случая, то сумма микроэлементов в остальных девяти случаях будет колебаться от 228 до 489 мкг/л, а в среднем будет равна 317 мкг/л. Очевидно этот показатель можно принять за среднюю концентрацию микроэлементов в осадках по Армении. Наиболее низкая концентрация отмечена в пункте Арагац (3250 м. н. ч. м.)—228 мкг/л, принятом нами за контроль или фон.

Таблица 3

Концентрация элементов в атмосферных осадках в различных регионах

		pH	мг/л						Источник
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	
Фоновые р-ны VII—VIII—1986 г.	Лит. ССР	4.6—	0.63—	0.10—	0.10—	0.18—	4.8—	0.31—	Ровинский и др. 1989
		5.6	2.2	0.43	0.37	0.55	10.2	0.79	
Центр ЕТС	Фон регионов	5.4—	3.0—	0.6—	0.6—	1.2—	3.7—	8.6—	Учватов, 1989
		6.1	3.3	0.6	1.2	0.7	6.9	7.5	
Средние за 1976—1985	Пром. р-ны	6.3—	4.2—	0.8—	0.6—	0.4—	6.6—	7.3—	
		6.9	7.8	2.1	1.2	1.6	18.0	10.0	
Селеро-Запад ЕТС	Фон регионов	6.1—	1.1—	0.3—	0.9—	1.4—	4.3—	9.8—	
		6.9	7.6	1.8	5.2	5.4	9.0	15.4	
Средние за 1976—1985	Пром. р-ны	7.3—	12.9—	0.8—	0.9—	2.3—	47.8—	14.9—	
		8.4	31.0	15.1	50.5	46.2	91.9	19.0	
Армения	интервал соде, ж.	6.4—	4.0—	0.48—	0.78—	0.92—	11.5—	8.49—	
		7.25	54	16.8	6.24	10.1	201(44, 3*)	17.7	

* В скобках—после закрытия Алавердского комбината.

По концентрации в осадках на первом месте, из 13 случаев в 11, находится железо. Содержание его колеблется от 30 до 60% от суммы микроэлементов. На 2-м месте марганец в 10 из 13 случаев—9—50%. Затем идет титан (9 из 13 случаев)—1—15% от суммы. Молибден, в 9-и случаях из 13, находился на последнем и предпоследнем месте в ряду микроэлементов. Бор, никель, медь и свинец меняются местами без определенной закономерности. Крайние концентрации их колеблются: никель и медь—1—5%, свинец—1—11%, бор—1—9%, молибден—0,4—2% от суммы микроэлементов (не считая аномальных пиковых концентраций).

В табл. 5 приведены данные о средней концентрации микроэлементов в атмосферных осадках фоновых районов мира и для сравнения данные по территории Армении: по пункту Арагац—в качестве условного фона и средние содержания микроэлементов, рассчитанные как среднеарифметические по перечисленным в табл. 4 пунктам наблюдений, за исключением наблюдения в апреле в г. Ленинакане, данные которого резко аномальны и отражают какие-то временные явления. В табл. 5 приведены также интервалы вариации концентраций микроэлементов также за исключением наблюдений в г. Ленинакане в апреле месяце.

Из приведенных в табл. 5 данных отчетливо следует, что по уровню концентраций микроэлементов территория Армении существенно выше большинства фоновых районов мира за исключением трех районов: Центра Европейской территории СССР, Подмосковья и Калифорнии, где уровни концентраций микроэлементов близки с данными по территории Армении.

Для оценки степени обогащения осадков химическими элементами были рассчитаны величины коэффициента ОК—«отношения к кларку», предложенного В. Л. Ананян и Л. А. Араратяном [1]. В табл. 6 приведены значения ОК, представляющие частное от деления содержания элементов в дождевых пробах, на их кларки. Для элементов левой части таблицы (от железа до бора включительно) коэффициент ОК

Таблица 4

Концентрация микроэлементов в осадках, мкг/л

Пункт	Месяц	Fe	Ti	Mn	Ni	Cu	Pb	Mo	B	Sn	Сумма	ряды
Лемни- кан	IV	1100	—	310	12.0	20.0	40.0	2100	4.8	9.9	3596	Mo > Fe > Mn > Pb > Cu > Ni > Sn > B
	V	130	32	81	6.4	21.0	11.0	7.8	9.9	не	299	Fe > Mn > Ti > Cu > Pb > B > Mo > Ni
	VIII	83	15.0	86	3.0	8.5	27.0	2.1	13.0	обн.	238	Mn > Fe > Pb > Ti > B > Cu > Ni > Mo
Кирова- кан	VI	430	77	580	6.9	11.0	18.0	8.2	15.0	.	1146	Mn > Fe > Ti > Ni > Pb > B > Cu > Mo
	VIII	160	23	82	3.2	9.8	6.0	2.1	13.0	.	299	Fe > Mn > Ti > B > Cu > Pb > Ni > Mo
Степана- ван	VI	150	27	100	3.5	6.5	7.6	3.8	9.7	.	308	Fe > Mn > Ti > B > Pb > Cu > Mo > Ni
	VIII	130	2.4	93	3.3	10.0	6.2	1.7	11.0	.	257	Fe > Mn > B > Cu > Pb > Ni > Ti > Mo
Одзун	VI	800	170	540	12.0	29.0	22.0	8.9	33.0	.	1615	Fe > Mn > Ti > B > Cu > Pb > Ni > Mo
	VIII	210	54	69	3.3	7.2	1.4	1.5	9.9	.	356	Fe > Mn > Ti > B > Cu > Ni > Pb = Mo
Идженан	VII	200	39	100	3.1	8.6	13.0	2.6	16.0	.	382	Fe > Mn > Ti > B > Pb > Cu > Ni > Mo
Берд	VII	420	62	110	27.0	38.0	22.0	—	19.0	.	698	Fe > Mn > Ti > Cu > Ni > Pb > B
Кортабу- лах	VIII	240	43	120	3.5	3.5	19.0	35.0	25.0	.	489	Fe > Mn > Ti > Mo > B > Cu = Ni
Арагац	VII	130	2.5	57	2.6	2.6	11.0	2.3	20.0	.	228	Fe > Mn > B > Pb > Ni = Cu = Ti = Mo

Таблица 5

Средние концентрации (мкг/л) микроэлементов в атмосферных осадках фоновых районов мира

Регион	Fe	Mn	Ni	Cu	Pb	Ис-точ-ник
Зарубежная Европа			5.1	2.6		[4]
Европейская территория СССР			2.0	3.4		
Азия			2.0	2.3		
Северная Америка			1.9	3.6		
Лит. ССР, п. Микчи	31.6	6.9		2.0	3.7	[6]
Центр Европ. терр. СССР (ЕТС)	60.0	14.0		3.0-6.0		[7]
	260.0	20.0				
Северо-Запад Европейской территории СССР (ЕТС)	Заповед., Масалу	110.0	7.0		6.0	
	о. Вормси.	60.0	25.0		13.0	
	Нац. парк, Лахемаа,	10.0	10.0		8.0	
	Бот. сад	180.0	15.0		21.0	
	Таллини	10.0	5.0		7.0	
		20.0	18.0		9.0	
Сихотэ-Алинский заповедник	4.0	2.0		1.1-19.0	0.7-81.0	[3]
Боровое Казахской ССР					0.3-26.0	
Подмосковье	39.0	14.0		12.0		
	250.0	94.0		42.0		
Калифорния		0.1-6.0		1.0-2.0	3.0-25.0	
Армения фон (Арагац) средние содержания	130	57	2.6	2.6	11.0	
	256.9	168.2	6.4	13.0	13.7	
Интервалы концентрации	83-800	57-580	2.6-27.0	2.6-38.0	1.4-27.0	

Таблица 6

Относительный показатель «Отношение к кларку—ОК».

Ряд Fe—В—содержание элементов в сухом осадке: кларк

Ряд Ca—S—содержание элементов в растворе: кларк

Пункт	мес. яц	Fe	Mn	Ti	Ni	Cu	Pb	Mo	B	Ca	Mg	Na	K	Cl	S
Ленинакан	IV	0.11	2.8	—	1.0	6.3	11.8	—	1.9	4.8	—	—	0.6	832	313
	V	0.03	1.8	0.07	1.05	12.2	6.8	38.2	25.0	5.7	0.2	4.0	2.5	999	156
	VIII	0.01	0.51	0.07	0.04	8.8	4.4	44.5	25.0	4.0	0.8	24	1.9	1041	288
Кировзкан	VI	0.08		0.15	1.0	4.4	10.7	64.5	10.8	2.2	0.2	1.1	0.9	845	267
	VIII	0.06	1.5	0.09	1.0	12.2	6.8	34.5	20.0	6.7	0.8	0.7	0.6	499	82
Степанаван	VI	0.04	1.5	0.04	0.9	6.0	6.8	50.0	11.6	1.3	0.2	1.6	1.2	832	226
	VIII	0.06	2.1	0.12	1.3	15.6	8.7	34.5	21.6	2.7	0.8	0.9	1.2	707	212
Одзун	VI	0.09	3.0	0.2	1.1	10.9	7.5	44.5	15.0	1.6	1.3	0.9	0.9	845	1440
	VIII	0.15	2.3	0.4	1.9	16.3		47.2	27.5	1.6	1.1	0.4	0.3	707	199
Иджеван	VII	0.07	1.9	0.16	1.0	10.8	15.0	44.5	25.0	2.7	1.8	0.7	0.6	1998	—
Берд	VII	0.04	0.5	0.06	2.0	11.6	6.1	—	7.2	1.6	0.5	—	3.4	487	487
Копабулак	VIII	0.05	1.1	0.10	0.62	9.5	12.5	—	21.7	6.5	—	1.3	1.2	832	171
Арагац	VII	0.06	1.2	0.10	0.86	10.2	13.7	40.0	31.6	1.1	0.2	1.6	1.2	645	116
Среднее		0.06	1.5	0.13	1.06	9.6	9.2	40.2	20.2	3.3	0.7	1.3	1.3	657	229

рассчитан как частное от деления содержания элементов в сухом осадке на их кларковые содержания. В отличие от этого для элементов левой части таблицы (от кальция до серы) при расчете ОК использованы содержания элементов в растворе.

Из табл. 6 видно, что значения ОК заметного обогащения атмосферы элементами Mg, Na, K, Fe, Mn, Ti, Ni не фиксируют. Концентрация их в атмосферных осадках имеет в основном естественный уровень, обусловленный почвенно-климатическими условиями регионов. В отношении кальция наблюдается некоторое обогащение.

Определенные нами металлы—медь, свинец, молибден, бор харак-

теризуются высокими значениями ОК, что указывает на техногенное загрязнение атмосферы этими элементами в региональном или глобальном масштабе, так как известно, что многие металлы поступают в атмосферу в тонкодисперсном состоянии и в газовой фазе сохраняются в атмосфере длительное время и разносятся на большие пространства—загрязнение ими имеет глобальный масштаб [3]. Весьма высокие коэффициенты обогащения характерны для серы и хлора.

Таким образом, на основании приведенных данных можно заключить, что специфических особенностей, связанных со Спитакским землетрясением, не отмечается. Резкие повышения минерализации осадков и повышения содержания ряда элементов (в особенности молибдена) в Леникане, по всей вероятности, вызваны разрушениями, пожарами промышленных предприятий. Эти загрязнения имели временный и локальный характер, т. к. в последующие месяцы минерализация осадков снизилась. Резкое локальное загрязнение сульфат ионом отмечалось в пункте Одзун в районе Алаверди. В дальнейшем, после закрытия горно-металлургического комбината, концентрация сульфат иона значительно снизилась. Наблюдается значительное загрязнение атмосферных осадков в пункте Берд, связанное с переносом химических веществ извне.

Институт геологических наук
АН Армени

Поступила 14.12.1990.

Վ. Լ. ԱՆԱՆՅԱՆ, Լ. Ա. ԱՐԱՐԱՏՅԱՆ, Ս. Վ. ԴՐԻԳՈՐՅԱՆ, Ի. Հ. ԻՆՎԱԶՅԱՆ,
Է. Ա. ՍԱՅՐԱԶԲԵԿՅԱՆ

ՍՊԻՏԱԿԻ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԻ ԳՈՏՈՒՄ ՄԹՆՈՂՈՐՏԱՅԻՆ ՏԵՂՈՒՄՆԵՐԻ ԳԻՄՆԱԿԱՆ
ԿԱԶՄԻ ՄԱՍԻՆ
Ամփոփում

Քիմիական տարրերի ինտենսիվորեն մթնոլորտ ներմուծվելու հետևանքով անձրևաչրերը ակտիվ ներգործում են նյութերի կենսաերկրաքիմիական շրջանառության վրա: Դրանք շատ զգալի կերպով արտացոլում են միջավայրի մարդածին աղտոտման ընթացքը՝ որպես ցուցիչներ, և հանդիսանում են աղտոտիչների զգալի տարածությունների վրա փոխադրման աղբյուրներից մեկը: Աերոզոլների մուտքը մթնոլորտ կատարվում է առավելապես լեռնային ապարների հողմահարման, հրաբուխների ժայթքման, բուսական մնացորդների քայքայման, ջրավազանների մակերևույթից աղերի տեղափոխման և այլնի հետևանքով:

Մարդու տնտեսական գործունեության ուժեղացման հետևանքով զգալիորեն բարձրացել է միջավայրի մի շարք քիմիական տարրերով, ինչպիսիք են՝ Fe, Cu, Ni, Sb, V, Zn, Pb, Cd, Hg և այլն, աղտոտման մարդածին գործոնի դերը: Դրանց հիմնական աղբյուրն են հանդիսանում վառելանյութի այրումը, մետաղագործությունը և արտադրության ու վերամշակման այլ տեսակներ: Հայաստանի ամբողջ տարածքն ենթակա է տեղական և մարդային (աղտոտման աղբյուրից մինչև 200-300 կմ) մասշտաբների աղտոտման:

1988 թ. դեկտեմբերի 7-ի Սպիտակի երկրաշարժը մեծ տվածություն պատճառեց Հայաստանի հյուսիսային մասի քաղաքներին ու գյուղերին, այդ թվում նաև արդյունաբերական ձեռնարկություններին: Ուստի մեծ կարևորություն է ներկայացնում երկրաշարժի վայրում մթնոլորտային տեղումների քիմիական կազմի ուսումնասիրումը: Աշխատանքում բերված են 1989 թ. ապրիլ-օգոստոս ամիսների ընթացքում կատարված հետազոտությունների արդյունքները:

Վերլուծությունների տվյալները ցույց տվեցին, որ լեռնականում տե-

դումների pH-ը տատանվում է 6,4-7,1 սահմաններում, մնացած կետերում՝ 6,6-7,4: Լենինականում ապրիլին նկատվել է տեղումների բարձր հանքայնացում, պերակշռել են հիդրոկարբոնատային և սուլֆատ իոնները, ինչպես նաև Ca և Mg, ինչն, ըստ երևույթին, բացատրվում է օդում փոշու բարձր պարունակությամբ՝ վերակսնդեման աշխատանքների հետևանքով: Կիրովականում և Ստեփանավանում իոնների պարունակությունը 1972 թ. համեմատությամբ համարյա թե չի փոփոխվել: Օձունում VI ամսում սուլֆատ իոնի պարունակությունը մեկ կարգով բարձր է մյուս իոնների համեմատությամբ, իսկ օգոստոսին՝ Ալավերդու լեռնա-մետաղաձուլական կոմբինատի փակումից հետո, դրա պարունակությունը նվազել է համարյա 8 անգամ: Բերդում հուլիսին դիտվել է Cl, SO₄, K, Na համեմատաբար բարձր պարունակություն: Արագածում, որը որպես ստուգիչ կետ է համարվում, հանքայնացումը ցածր էր, իսկ դրանից ավելի ցածր տեղադրված կետում՝ Կոշարուլաղում, — ըն արդեն 2 անգամ բարձր է:

Ուսումնասիրված շրջանների մեծամասնությունում միկրոտարրերը կազմում են իոնների ընդհանուր քանակության 0,2-0,5 տոկոսը, բացառությամբ Լենինականի, որտեղ միկրոտարրերի պարունակությունները տեղումներում կազմել են՝ ապրիլին 1,8 տոկոս, Կիրովականի՝ հունիսին 1,1 տոկոս, Օձունի՝ հունիսին 0,7 տոկոս: Հատուկ ուշադրության է արժանի Mo-ի պարունակության կտրուկ ավելացումը Լենինականի տեղումներում IV-ամսում, որտեղ այն գերազանցում է 2100 մկգ/լ: Դրանցից բացի, միկրոտարրերի բարձր պարունակություններ են նկատվել հունիս և հուլիս ամիսներին Կիրովականում, Օձունում և Բերդում: Արագածում (3200 մ բարձրության վրա)՝ միկրոտարրերի գումարը ամենացածրն էր՝ 228 մկգ/լ:

Միկրոտարրերի պարունակությամբ Հայաստանի տարածքը զգալիորեն գերազանցում է աշխարհի շատ շրջաններին:

Cu, Pb, Mo և B տեղումներում մնորոշվում են բարձր ՀԿ (հարաբերությունն ըստ Կլարկի) ցուցանիշներով, որոնք մատնանշում են մթնոլորտի այդ տարրերով մարզային կամ համամուլորակային մասշտաբների տեսնածին աղտոտվածությունը:

V. I. ANANIAN, L. A. ARARATIAN, S. V. GRIGORIAN, R. H. REVAZIAN,
E. A. SAFRAZBEKIAN

ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF ATMOSPHERIC PRECIPITATIONS IN THE AREA OF THE SPITAK EARTHQUAKE

Abstract

It was studied the pollution of the atmospheric precipitations with following ions and heavy metals: HCO₃, SO₄, Cl, Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Ti, Ni, Cu, Pb, Mo, B, Sn. There are not detected specific peculiarities, connected with the Spitak earthquake. The short-term sharp rising of precipitations mineralization and contents of some elements, especially Mo, in Leninakan are caused by destructions and fires of the industrial enterprises. The pollution in the point of Odzun with the sulphate-ion has been connected with the Alaverdy group of enterprises activities, because after its closing the sulphate-ion content significantly decreased.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анамян В. Л., Араратян Л. А. Атмосферные выпадения, их химический состав и радиоактивность в Армянской ССР. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1990, 91 с.
2. Давтян Г. С., Варданян Г. Т. Агрехимия биосферы. (Исследования в Армянской ССР).—Сообщения ИАПГ АН АрмССР, №15, 1976. с. 85—89.
3. Елпатьевский П. В., Нестеров В. Н. Химический состав атмосферных осадков Сихоте-Алинского биосферного заповедника как показатель фоновых характеристик атмосферы.—В кн.: Прикладные аспекты программы «Человек и биосфера» МАБ. Труды III Сессии..., М.: 1983, с. 196—212.
4. Петрухин В. А., Буриева Л. В., Лапенко Т. Б., Вишенский В. А., Камарденкова И. В. Фоновое содержание микроэлементов в природных средах (по мировым данным).— Сообщение 5, Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Вып. 5. Л.: Гидрометеониздат, 1989, с. 4—30.
5. Реваян Ф. Г., Бабаян Э. Г., Халифян М. А. Характеристика химического состава стоковых вод с деревьев в лесах Дилижанского заповедника.—Биологический журнал Армении, т. XXXVI, №3, 1983, с. 219—222.
6. Ровинский Ф. Я., Чичева Т. Б., Виленский М. Г., Гришина Л. А., Баранович Т. А., Кондратьева М. П., Макаров М. И., Давидавичене Л. Г., Шонаускен Д. А.—В кн.: Влияние кислотных дождей на почвенные растворы и почвы. Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Вып. 5. Л.: Гидрометеониздат, 1989, с. 136—148.
7. Учватов В. П. Фоновые и антропогенные потоки вещества в ландшафтах русской равнины.—В кн.: Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Вып. 5. Л.: Гидрометеониздат, 1989, с. 180—192.
8. Шелези Д. М. Относительно масштабов различных процессов загрязнения воздуха.—В кн.: Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей природной среды. Тр. Международного симпозиума. Гидрометеониздат, 1980. с. 68—73.

Известия АН Армении, Науки о Земле, 1992, XLV, №4, 40—56.

УДК:550.348.436.098(479.25)

Н. К. КАРАПЕТАН

ОЧАГ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 7 ДЕКАБРЯ 1988 ГОДА И МЕХАНИЗМ ЕГО ВОЗНИКНОВЕНИЯ

В статье приводятся результаты изучения хода сейсмического процесса при Спитакском землетрясении 7 декабря 1988 г. в пространстве и во времени. По данным афтершоков определены время релаксации, характер его изменения во времени и среднее его значение, а также коэффициент вязкости неупругой среды в очаговой зоне Спитакского землетрясения.

На основании проведенного исследования установлено, что Спитакское землетрясение 1988 г. явилось следствием относительного движения двух соседних блоков, причем имело место поднятие северного блока и опускание южного блока. Одновременно с этим северный блок перемещался в восточном, а южный блок—в западном направлениях. Следовательно, при Спитакском землетрясении 7 декабря 1988 г. произошел взбросо-сдвиг.

Катастрофическое Спитакское землетрясение произошло 7 декабря 1988 г. в 7 ч. 41 мин. по Гринвичскому времени и явилось самым сильным землетрясением на территории Республики Армения за все историческое время. Магнитуда землетрясения, определенная по поверхностной волне, равна 7,0. Эпицентр землетрясения, определенный нами по инструментальным данным, расположен в 14 км к северо-западу от Спитака и имеет координаты: $\varphi = 40^{\circ} 54'$, $\lambda = 44^{\circ} 08,4'$. Глубина залегания очага равна 12 км [5]. В эпицентральной области землетрясение проявилось с силой 10 баллов.