

Т. Т. ВАРДАНЯН, Л. П. МХОЯН.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР

В исследованиях по проблеме круговорота и баланса питательных веществ в природе определенное место занимает изучение агрохимических показателей атмосферных осадков.

Первые химические исследования дождевых и снежных вод были начаты еще в середине XVIII века немецким химиком Маркграфом [30]. Систематические исследования атмосферных осадков были проведены позже, в начале XIX века, также в Германии, Р. Брандесом и В. Циммерманом. Целью этих работ было изучение содержания азота, как элемента номер один в жизни растений, в дождевых и снежных водах. Изучением содержания и форм соединения азота в атмосферных осадках занимались также французские ученые Бино и Барраль (в середине XIX века в Парижской обсерватории). Аналогичные изучения были проведены А. Мюнти в атмосферных осадках тропических стран [12].

К этому же периоду относятся работы английских ученых: Джилберта—по изучению серы, Шатена—по изучению иода в дождевых и снежных водах. Позже в литературе появились данные о содержании хлора в атмосферных осадках [66,14]. Особенно заслуживают упоминания многолетние труды русских агрохимиков П. С. Коссовича [36,37] и Я. Я. Витынь [14] по исследованию круговорота хлора и серы, выполненные в 1909—1913 гг. в Лаборатории почвоведения Петербургского лесного института.

Исследованиями П. П. Трубецкого [51], Б. М. Вельбея [11], А. Позняка [43], В. Андерсона [56] и др. была установлена зависимость химического состава и, в частности, содержания азота в атмосферных осадках от метеорологических факторов.

Все эти исследования, однако, не привели к полному химическому познанию атмосферных осадков, так как они ограничивались определением какого-либо одного (в лучшем случае двух) элемента и охватывали небольшую территорию. Изучение химического состава осадков получило развитие лишь в последние десятилетия и особенно расширилось в период Международного геофизического года (МГГ). К этому периоду относится ряд работ по химии атмосферных осадков как отечественных, так и иностранных исследователей [5—10, 15—24, 26—35, 38—41, 46—50, 54, 55, 57—68].

В 1960 г. на III Международном симпозиуме по агрохимии (Севиля) были доложены результаты исследований дождевой воды и воздуха из различных мест (14 стран) Центральной и Западной Европы [68]. В Советском Союзе сеть пунктов по исследованию осадков в период МГГ также была размещена в основном на Европейской территории страны. Результаты работ, проведенных в упомянутый период, обобщены в монографии (под редакцией Е. С. Селезневой) сотрудников Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова [30].

Изучением химического состава атмосферных осадков отдельных областей Азиатской территории Союза занимались К. К. Вотинцев [17], П. В. Денисов [27], С. М. Фотнев [53] и др. Автором исследований химического состава осадков в Антарктиде является А. А. Матвеев [39, 40]. В работах Грейя [65], Андерсона [56], Хаттона [54] имеются данные по химии дождевой воды на территории Австралии.

Сравнительно мало сведений о химизме атмосферных осадков на территории закавказских республик [1, 18, 24, 49, 50, 59].

В связи с исследованиями по проблеме круговорота и баланса питательных веществ в природе в Институте агрохимических проблем и гидропоники АН Армянской ССР под руководством академика Г. С. Давтяна в 1962 г. были начаты работы по изучению агрохимических показателей атмосферных осадков на территории Армении. Им же организована Лаборатория агрохимии атмосферных осадков и оросительных вод в составе упомянутого института и предложена программа многолетних исследований. В данной работе обобщаются материалы за период 1962—1965 гг.

Методика. Для систематического исследования атмосферных осадков на территории республики было специально выбрано 23 пункта, главным образом при гидрометеорологических станциях. Большая часть этих пунктов расположена на двух главных геоморфологических профилях, охватывающих все природные вертикальные пояса Армении и их различные экспозиции с высотными отметками от 600 до 3230 м над ур. м. I профиль: Араратская равнина на юге (800—1000 м над ур. м.), затем на север—через Севан, Семеновку (2100 м), Дилижан, Иджеван (600—700 м над ур. м.). II профиль: Араратская равнина—Амберд—Южная вершина Арагаца (3230 м)—Ленинкан. В стороне от этих главных профилей было выбрано еще десять дополнительных пунктов.

Для химического анализа осадков были собраны в основном образцы суммарные за месяц. В период обильных дождей в некоторых пунктах вместо месячных образцов собирались декадные. В Норагюхё, Алаверди, Спитаке, Кучаке и других пунктах брались единичные («разовые») пробы. Для суммарных образцов осадки собирались в дождемеры, а для единичных образцов использовали самодельные установки из пластмассы. Все образцы были консервированы хлороформом и доставлены в лабораторию в химически чистых посудах.

В течение 1962—1965 гг. было собрано и проанализировано 702 пробы, из них суммарных 590.

В ряде образцов атмосферных осадков полный анализ не сделан из-за ограниченности объема анализируемой воды.

Химический состав осадков определяли методами, принятыми в гидрохимии и агрохимии [2, 4, 13, 42, 44, 45, 52]. Ионы Ca , Mg^{++} , SO_4^{--} определяли трилонометрически, HCO_3^- —объемным методом. Для определения Cl^- пользовались методом Мора. Фосфор определяли по методу Труога—Мейера, нитраты—по методу Грандвалля—Ляжу, нитриты—реактивом Грисса. Аммиачный азот—фенолят-гипобромидной реакцией, по методу В. Г. Дацко и В. Т. Каплина [25]. Колориметрическое определение PO_4^{--} и азотсодержащих ионов производилось фотоэлектрическим колориметром модели ФЭК-М. Натрий и калий определяли на пламенном фотометре модели Карла Цейса Йена. Концентрация водородных ионов измерялась высокоомным потенциометром типа ППТВ1.

При вычислении среднегодовых значений концентраций отдельных

ионов для каждого пункта пользовались данными химических анализов образцов атмосферных осадков за месяц.

Ниже приводятся результаты химических анализов образцов, собранных в период исследования (табл. 1—5). Средние и крайние (минимальные, максимальные) значения концентраций веществ в осадках представлены в табл. 4. Данные этих таблиц показывают, что атмосферные осадки, собранные в различных пунктах Армении, имеют различный химический состав. Общая минерализация (Σu) осадков колеблется в широких пределах, в среднем меняется от 23 до 223 мг/л (табл. 4). При этом минимальным значением минерализации отличаются единичные образцы атмосферных осадков, собранных летом 1965 г. в с. Кучак (на склоне г. Арагац). Аналогичная картина наблюдается при рассмотрении результатов анализа суммарных образцов. Здесь также минимальная минерализация осадков (42 мг/л) обнаружена на склоне г. Арагац (ст. Амберд). Сравнительно низкие показатели минерализации (43—44 мг/л) были отмечены в осадках на станциях Севан и Семеновка (2000—2100 м над ур. м.). Низкая степень минерализации атмосферных осадков в упомянутых пунктах, вероятно, обусловлена удаленностью этих пунктов от промышленных центров—постоянных источников загрязнения воздуха и минерализации атмосферных осадков. Наибольшее количество минеральных веществ (в среднем 223 мг/л) обнаружено в суммарных образцах осадков на станции Арарат (850 м над ур. м.), где основным источником загрязнения атмосферных осадков является Араратский цементный завод.

Показатели химического состава исследованных осадков варьируют в весьма широких пределах (табл. 4).

Концентрация водородных ионов (рН). Среднее значение рН осадков на территории Армении изменяется от 5.9 до 7.0. Иногда встречаются значения меньше 5 и больше 8. Однако число случаев с этими крайними значениями невелико. Наименьшей концентрацией водородных ионов отличаются осадки, собранные в условиях Араратской равнины (среднее значение рН составляет 7.0, а максимальное—8.2). В осадках, собранных в районе Алаверди (в самом городе и Узунларе), отмечено наибольшее количество водородных ионов; среднегодовое значение рН единичных образцов составляет 5.9, а суммарных—6.2. Здесь, возможно, сказывается влияние близких источников промышленного загрязнения (в первом случае Араратский цементный завод, во втором—Алавердский медно-химический комбинат).

Кальций. Абсолютное количество кальция в исследованных осадках меняется от 0.8 до 61 мг в литре, а его среднее значение по станциям меняется в пределах 2.6—36.7 мг/л. Сравнительно высокие показатели содержания Са получены в осадках на станциях, близких к промышленным источникам загрязнения воздуха. Так, максимальное его количество обнаружено на станциях Арарат (36 мг/л), затем Кировакан (19.7 мг/л), Ереван (18 мг/л) и др., что в основном обусловлено характером промышленности (производства соединения кальция).

Магний. В составе катионов в исследованных суммарных осадках Mg по количеству занимает второе место (после Са). Исключение составляют осадки на станциях Арарат и Иджеван, где магний по количеству уступает всем основным катионам, т. е. $Mg < K < Na < Ca$.

Таблица 1

Средние значения концентрации веществ в атмосферных осадках за 1963 г., мг/л

Пункт сбора осадков	pH	Ca	Mg	K	Na	NH ₄	NO ₂	NO ₃	SO ₄	Cl	HCO ₃	PO ₄
Суммарные образцы												
Арарат	7,00	30,12	2,19	13,71	10,50	0,735	0,352	1,617	38,40	14,45	78,69	0,027
Паракар	6,75	13,18	1,98	1,15	0,79	0,501	0,299	0,571	28,34	4,09	27,01	0,060
Ереван-Обсерватория	6,92	17,15	3,66	1,52	2,31	0,517	0,177	0,664	34,60	7,41	28,06	—
Раздан	6,72	6,13	2,91	1,19	1,55	0,348	0,056	0,345	19,83	5,69	19,52	следы
Севан	6,76	6,41	1,76	0,87	0,88	0,284	0,039	0,363	14,20	3,82	19,01	следы
Семеновка	6,90	6,12	1,82	2,38	0,91	0,396	0,049	0,292	13,19	4,18	18,61	0,180
Дилижан	6,83	5,55	1,72	1,30	0,88	0,315	0,036	0,275	15,64	5,56	20,43	—
Иджеван	6,63	5,02	1,72	2,12	1,98	0,963	0,102	0,447	14,22	5,95	20,49	0,495
Берд	6,56	6,97	2,14	1,63	1,43	0,923	0,135	0,584	19,24	2,83	27,04	0,440
Дебедашен	6,36	12,56	6,10	2,83	4,92	1,222	0,092	0,630	36,59	5,82	25,47	0,180
Узунлар	6,16	27,06	10,12	1,54	1,53	0,392	0,099	0,492	66,18	4,26	13,18	0,066
Степанаван	6,41	4,60	3,30	1,90	2,35	0,675	0,039	0,305	17,39	4,40	14,45	0,067
Кировакан	6,44	18,72	2,27	0,74	1,02	0,450	0,250	0,337	29,27	3,28	18,74	—
Ленинакан	6,47	9,95	3,63	1,20	1,79	0,882	0,145	0,350	26,98	8,52	22,65	0,009
Арагац	6,79	11,30	4,97	2,25	2,37	0,293	0,072	0,314	10,19	17,68	36,61	—
Амберд	6,72	4,26	1,82	0,85	0,68	0,233	0,026	0,358	16,05	3,80	19,09	0,270
Кафан	6,83	10,18	1,60	2,00	3,95	2,080	0,100	0,710	5,43	9,43	35,38	—
Мегри	7,00	9,48	2,61	1,86	1,73	0,460	0,110	0,675	8,21	4,08	20,13	0,190
Единичные образцы												
Арташат	6,65	13,80	0,88	2,92	3,50	0,445	0,131	1,235	20,35	12,95	34,16	—
Норагюх	7,03	15,75	0,43	0,99	0,96	0,530	0,154	0,580	25,09	3,70	32,50	—

Средние значения концентрации веществ в атмосферных осадках за 1964 г., мг/л

Пункт сбора осадков	pH	Ca	Mg	K	Na	NH ₄	NO ₂	NO ₃	SO ₄	Cl	HCO ₃	PO ₄
Суммарные образцы												
Арабат	7,25	43,31	2,24	19,15	18,10	0,440	1,152	0,850	60,60	19,01	67,71	следы
Паракар	6,82	15,32	2,57	1,36	1,30	0,536	0,207	1,222	16,84	4,85	33,21	следы
Ереван-Обсерватория	6,62	22,11	10,36	1,66	3,12	0,442	0,286	1,266	62,47	6,83	36,23	следы
Раздан	6,73	9,65	3,51	1,86	1,81	0,334	0,079	0,598	21,43	6,07	24,25	0,008
Севан	6,68	9,61	1,42	1,19	1,24	0,501	0,128	2,019	4,72	4,95	20,43	0,015
Семеновка	6,82	6,08	1,55	2,38	1,47	0,308	0,062	0,483	6,25	4,54	18,60	0,152
Дилижан	6,76	7,29	1,63	1,99	1,81	0,352	0,072	0,465	2,16	5,92	31,23	0,018
Иджеван	6,87	8,45	1,85	2,00	2,00	0,594	0,141	0,801	3,64	4,45	28,06	0,350
Берд	6,67	9,93	2,41	1,21	2,08	0,472	0,138	3,392	14,49	3,96	27,85	0,305
Дебедашен	6,58	19,23	3,19	2,66	1,91	0,970	0,161	0,584	10,68	4,62	21,86	0,125
		12,68										
Узунлар	6,37	54,41	10,81	2,64	2,64	0,530	0,072	0,412	53,95	3,94	10,98	следы
Степанаван	6,61	9,97	2,89	1,56	1,73	0,829	0,053	0,407	18,44	4,59	16,50	0,266
Кировакан	6,68	18,52	3,13	0,78	1,44	0,513	0,273	0,376	23,42	3,19	26,96	следы
Ленинакан	6,54	21,07	5,74	4,36	13,00	3,187	0,256	1,032	49,26	13,99	51,24	0,065
Арагац	6,06	6,23	1,56	4,00	1,50	0,700	0,121	0,550	0,86	6,29	25,62	—
Амберд	6,86	6,72	2,27	0,66	0,81	0,222	0,053	0,509	10,77	3,85	19,92	0,023
Кафан	6,69	9,74	1,78	1,28	2,25	0,846	0,056	0,403	5,26	6,09	35,44	0,482
Мегри	6,70	10,25	3,15	1,55	2,13	0,414	0,125	0,700	11,35	3,82	23,18	0,158
Единичные образцы												
Арташат	7,18	—	—	1,80	2,30	0,710	0,072	0,600	—	—	—	—
Норагюх	6,24	7,83	0,56	0,64	0,65	0,450	0,154	0,332	13,40	2,84	9,83	следы
Алаверди	6,13	6,61	1,93	0,90	0,83	0,576	0,033	0,651	15,00	4,06	8,31	0,166
Спитак	6,63	16,49	0,79	1,66	1,13	0,647	0,217	0,447	16,54	4,88	31,17	0,464

Таблица 3

Средние значения концентрации веществ в атмосферных осадках за 1965 г., мг/л

Пункт сбора осадков	pH	Ca	Mg	K	Na	NH ₄	NO ₂	NO ₃	SO ₄	Cl	HCO ₃	PO ₄
Суммарные образцы												
Арагат	6,74	36,79	5,46	14,00	12,70	0,470	0,803	3,418	49,39	21,59	103,70	0,020
Паракар	6,78	14,72	3,19	1,41	0,91	0,548	0,174	1,195	37,25	5,68	32,01	0,022
Ереван-Обсерватория	6,64	15,62	3,66	1,75	3,57	0,578	0,536	0,762	36,65	9,45	27,65	нет
Раздан	6,70	6,62	2,69	1,31	2,31	0,440	0,059	0,483	10,87	4,92	22,16	следы
Севан	6,78	5,51	1,32	0,97	2,15	0,649	0,129	0,381	2,88	4,85	20,33	0,046
Семеновка	6,54	4,97	1,71	1,10	1,32	0,243	0,085	0,483	4,17	4,69	22,87	0,043
Дилижан	6,65	4,85	1,92	1,83	10,20	0,444	0,145	1,138	11,32	5,61	30,31	
Иджеван	6,68	5,10	1,62	3,11	7,19	0,791	0,076	0,443	3,40	8,16	(70,06)	0,120
Берд	6,51	14,12	4,12	1,62	3,21	0,577	0,118	2,528	26,39	7,75	24,55	0,571
Дебедашен	6,27	14,17	5,88	1,30	0,30	0,620	0,414	0,584	37,15	6,11	33,55	0,268
Узунлар	6,31	15,10	7,84	1,15	1,60	0,537	0,062	0,292	57,21	5,49	27,45	0,609
Степанаван		44,33									14,81	следы
Кировакан	6,65	5,89	3,59	5,50	10,00	1,767	0,181	0,301	22,49	13,60	33,08	0,247
Ленинкан	6,78	21,74	1,94	1,08	3,07	0,563	0,664	0,664	21,74	4,56	51,40	0,099
Арагац	6,79	12,94	6,59	5,37	6,00	0,744	0,131	0,407	35,69	15,26	36,60	0,014
Амберд	6,58	2,91	1,28	0,41	0,58	0,576	0,043	0,337	2,68	5,33	15,45	0,007
Кафан	6,69	3,30	1,98	1,17	0,88	0,479	0,066	0,279	0,84	4,86	19,27	0,005
	6,34	7,94	3,04	2,19	4,25	0,683	1,791	2,205	10,59	9,58	34,61	0,407
Мегри	6,44	8,62	3,60	1,40	2,44	0,333	0,161	0,474				
						0,112	0,629	7,99	5,61	30,01	0,056	
Единичные образцы												
Арташат	6,65	19,01	4,64	3,00	3,75	0,250	0,082	0,860	38,08	10,46	47,58	—
Алаверди	5,83	4,28	1,59	0,47	0,59	0,578	0,033	0,567	11,21	3,83	4,57	0,202
Норагюх	6,78	9,15	0,64	0,77	1,13	0,582	0,105	0,469	10,00	4,88	20,56	следы
Кучак	6,61	2,66	0,64	1,10	1,05	0,510	0,026	0,438	1,72	6,79	8,67	0,231
Мазра	6,71	9,40	2,70	1,46	2,00	0,474	0,072	0,170	8,92	5,95	51,24	0,207

Несколько иная картина получена в единичных образцах (ст. Норагюх, Спитак, Кучак). Здесь магний по абсолютному количеству уступает K и Na , однако при пересчете этих величин на мг экв/л (табл.5) $Mg > K, Na$, что аналогично составу суммарных осадков. Содержание магния в осадках меняется в пределах 0—23 мг/л, а в среднем—от 0,5 до 9,5 мг в литре.

Калий, натрий. Количество этих катионов в атмосферных осадках также варьирует в широких пределах: K —от 0 до 36 и Na —от 0 до 82 мг/л. Среднее их содержание меняется соответственно в пределах 0,7—15,6 и 0,8—13,8 мг/л.

По данным относительного ионного состава (табл. 5 и рис. 1) можно

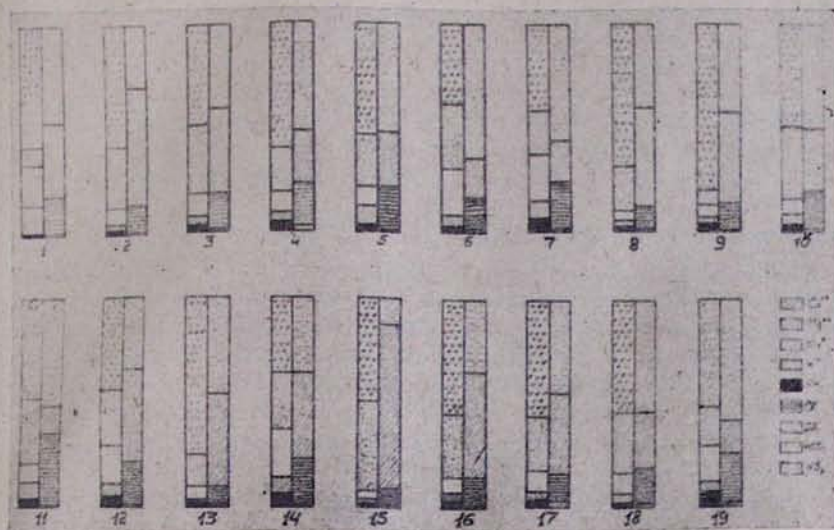


Рис. 1. Колонки-диаграммы химического состава атмосферных осадков (% экв.). Станции: 1. Арарат, 2. Ереван, 3. Раздан, 4. Севан, 5. Семеновка, 6. Дилижан, 7. Иджеван, 8. Паракар, 9. Норагюх, 10. Амберд, 11. Арагац, 12. Ленинакан, 13. Кировакан, 14. Степанаван, 15. Узунлар, 16. Дебедашен, 17. Берд, 18. Мегри, 19. Кафан.

отметить, что основные катионы (в мг. экв/л) в исследованных осадках (за исключением отмеченных станций) располагаются в следующий убывающий ряд: $Ca > Mg > Na > K$.

Количественное преобладание Ca в атмосферных осадках отмечено также и в других исследованиях [10, 19, 30]. При этом для остальных катионов ими получен несколько иной ряд.

Гидрокарбонатные ионы (HCO_3). Больше всего в осадках содержится гидрокарбонатных ионов. При этом их количество непостоянно, варьирует в пределах от 0 до 302 мг/л. В одних образцах эти ионы отсутствуют, а в других, полученных из тех же пунктов, обнаруживаются в большом количестве. Среднее их содержание в исследованных осадках по станциям меняется от 6 до 83 мг/л, минимальное количество гидрокарбонатов обнаружено в единичных осадках, собранных в пункте Алаверди, а максимальное—на станции Арарат.

Сульфатные ионы (SO_4^{2-}). Наряду с гидрокарбонатными ионами из анионов большим содержанием в осадках отличаются также сульфатные ионы.

Некоторые данные по исследованию сульфатов в осадках на территории Армении обобщены в работе [24]. По данным табл. 1 можно отметить, что содержание сульфатных ионов, аналогично гидрокарбонатным, варьирует в широких пределах (0—103 мг/л) и в среднем меняется от 1.7 до 59.1 мг/л. Наименьшие количества сульфатов в осадках обнаружены в горных условиях Арагаца, как в единичных образцах с. Кучак (1.7 мг/л), так и в суммарных образцах на г. Арагац (4.5 мг/л). Аналогичные данные имеются в литературе [30]. По этим данным количество сульфатов в осадках на высокогорной станции Шаджатмаз (недалеко от г. Кисловодска) наименьшие—3—4 мг/л.

Хлор. Среднее содержание хлора в осадках менее изменчиво; по станциям меняется от 3.6 до 18.3 мг/л. Крайние значения этого показателя немногочисленны и варьируют в пределах от 0 до 69 мг/л. Максимальное содержание хлора обнаружено в осадках на г. Арагац.

Фосфор. В исследованных осадках содержание фосфатов не превышает 2 мг/л. В большинстве случаев ионы PO_4^{3-} в осадках отсутствуют. Среднее содержание фосфатных ионов по станциям меняется от 0 до 0,47 мг/л.

Соединения азота (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-). Из азотсодержащих ионов в осадках преобладающими (по количеству) являются ионы NH_4^+ и NO_3^- . При этом по абсолютным величинам (мг/л) в большинстве случаев аммиачные ионы уступают нитратным, однако при пересчете этих величин на мг экв/л (табл. 5) получается следующая последовательность ионов: $\text{NH}_4^+ > \text{NO}_3^- > \text{NO}_2^-$. Несколько иная картина наблюдается на станции Кировакан. Здесь в осадках $\text{NO}_2^- > \text{NO}_3^-$. Количество азотсодержащих ионов в исследованных осадках меняется в следующих пределах: NH_4^+ —0—5, NO_2^- —0—2 и NO_3^- —0—14 мг/л.

Корреляционная зависимость концентраций отдельных ионов от общей минерализации показана на рис. 2 и 3. Линии на рисунках соответствуют изменениям содержания ионов. Графический анализ этих данных показывает, что с повышением общей минерализации возрастают средние показатели концентраций (в мг/л) катионов (рис. 2) и анионов (рис. 3). При этом тенденция к увеличению содержания Ca^{2+} и HCO_3^- выражена более сильно, чем остальных ионов. Особенно слабо выражено изменение концентрации Mg^{2+} и Cl^- в зависимости от степени минерализации.

Приведенные результаты позволяют сделать следующее заключение:

1. Показатели химического состава атмосферных осадков на территории Армении варьируют в весьма широких пределах, а именно:

pH —4,5—8,2; Ca^{2+} —0,8—61; Mg^{2+} —0—23; K^+ —0—36; Na^+ —0—82; NH_4^+ —0—5; NO_2^- —0—2; NO_3^- —0—14; PO_4^{3-} —0—2,2; Cl^- —0—69; SO_4^{2-} —0—103; HCO_3^- —0—302 мг/л.

2. Общая минерализация осадков по станциям меняется от 23 до 223 мг/л.

3. Концентрация отдельных ионов и общая минерализация (в мг/л) закономерно связаны между собой.

4. В относительном составе (в мг экв/л) катионы располагаются в следующий убывающий ряд: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$, в некоторых случаях $\text{Mg}^{2+} < \text{K}^+$.

Таблица 4

Средние и крайние значения концентраций веществ в атмосферных осадках, мг/л (по данным за 1963—1965 гг.).

Пункт сбора осадков	Средние и крайние значения концентрации																														Σи							
	рН			Ca			Mg			K			Na			NH ₄			NO ₂			NO ₃			SO ₄			Cl				HCO ₃			PO ₄			
	ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.		ср.	мин.	макс.	ср.			
Арабат	7,00	6,01	8,24	36,72	18,49	61,20	3,30	0,91	8,81	15,62	4,00	36,00	13,76	3,00	35,50	0,548	0,050	3,730	0,769	0,063	1,561	1,961	0,230	4,290	49,46	5,66	61,92	18,35	10,12	25,46	83,36	48,80	126,27	0,016	нет	0,053	223,86	
Паракар	6,78	5,86	7,30	14,40	4,52	26,54	2,58	0,11	6,83	1,30	0,30	4,50	1,00	нет	2,50	0,528	0,100	1,680	0,226	нет	0,747	0,996	0,240	4,140	27,47	2,64	82,56	4,87	1,73	7,73	30,74	нет	57,34	0,027	нет	0,113	84,14	
Норагюх	6,68	5,64	8,37	10,91	2,40	51,58	0,54	нет	1,46	0,73	нет	2,20	0,97	нет	3,00	0,520	0,050	2,190	0,137	0,028	0,310	0,460	сл.	1,820	16,19	нет	39,36	3,80	2,41	10,00	20,96	нет	53,68	сл.	нет	сл.	55,22	
Ереван—Обсерватория	6,72	5,47	7,29	18,29	6,80	31,03	5,89	1,46	23,42	1,64	нет	7,00	3,00	0,60	6,50	0,512	сл.	1,670	0,333	нет	0,746	0,897	0,260	3,080	44,57	10,36	88,32	7,89	2,25	13,55	30,64	12,81	73,20	сл.	нет	сл.	113,65	
Раздан	6,71	6,21	7,59	7,46	3,02	16,59	3,03	0,67	7,17	1,45	нет	4,50	1,89	сл.	5,50	0,374	0,030	1,040	0,068	нет	0,200	0,475	сл.	1,300	17,37	3,55	54,72	5,56	2,90	9,34	21,97	6,71	37,82	сл.	нет	0,053	59,64	
Севан	6,74	5,97	7,44	7,17	2,75	15,60	1,50	0,45	5,89	1,01	нет	3,50	1,42	нет	5,00	0,484	нет	2,730	0,098	сл.	0,650	0,921	сл.	14,300	7,26	нет	37,68	4,54	2,27	6,45	19,95	9,76	28,06	0,020	нет	0,066	44,37	
Семеновка	6,75	5,94	7,52	5,72	1,56	13,46	1,69	нет	8,84	1,95	нет	11,30	1,23	сл.	4,00	0,315	нет	2,870	0,065	0,013	0,288	0,419	нет	1,150	7,87	нет	15,02	4,47	2,58	7,69	20,02	9,76	30,50	0,125	нет	0,450	43,85	
																																						64,17
																																						(77,42)
Дилижан	6,75	6,20	7,40	6,69	2,36	26,40	2,54	0,45	23,10	1,68	0,30	4,00	4,29	0,50	82,50	0,370	нет	1,020	0,079	сл.	0,383	0,626	сл.	6,100	9,70	нет	51,84	5,69	2,80	9,61	(40,57)	13,42	302,56	0,069	нет	0,509		
Иджеван	6,73	5,51	7,16	6,19	2,75	13,20	1,83	0,22	4,70	2,41	0,50	15,00	3,72	нет	40,00	0,782	нет	2,260	0,106	нет	0,312	0,564	нет	1,590	7,08	0,96	33,16	6,18	2,90	20,95	24,36	12,20	48,80	0,472	0,015	1,140	53,68	
Берд	6,58	6,09	7,35	10,34	4,52	14,90	2,89	1,03	8,51	1,48	нет	3,00	2,24	0,30	7,50	0,657	нет	2,670	0,130	нет	0,314	2,168	нет	13,800	20,04	5,90	77,76	4,84	нет	12,39	29,48	15,86	56,12	0,338	сл.	0,560	74,58	
Дебедашен	6,35	4,79	7,07	15,32	1,84	70,00	5,05	нет	14,45	1,46	нет	11,00	2,37	нет	30,50	0,937	0,130	2,730	0,222	нет	1,480	0,557	0,050	1,300	28,14	4,84	47,04	5,51	3,22	8,90	24,92	9,76	34,16	0,104	сл.	0,180	84,59	
Алаверди	5,98	4,52	7,07	5,44	0,78	13,58	1,61	нет	8,92	0,68	нет	4,50	0,71	нет	3,50	0,577	нет	2,630	0,033	нет	0,339	0,609	нет	2,700	13,11	5,32	34,36	3,94	3,22	4,50	6,44	нет	24,40	0,184	сл.	0,402	33,33	
Узулар	6,26	5,46	6,59	18,28	1,96	176,00	9,59	1,19	20,41	1,78	нет	5,50	1,92	нет	5,00	0,486	0,140	2,160	0,078	0,044	0,201	0,399	нет	1,670	59,11	29,18	95,04	4,56	нет	9,08	12,99	7,32	21,96	0,025	нет	0,107	109,21	
Степанаван	6,56	5,63	6,95	6,82	1,56	26,17	3,26	0,67	8,86	2,99	нет	23,50	4,96	нет	31,50	1,090	нет	5,800	0,083	нет	1,240	0,338	сл.	0,840	19,44	2,83	72,96	7,53	2,90	49,32	21,48	9,76	106,19	0,193	нет	1,640	68,18	
Кировакан	6,63	5,68	7,17	19,66	4,14	69,30	2,45	0,34	14,34	0,87	нет	3,30	1,84	нет	6,00	0,509	нет	2,260	0,399	0,074	2,280	0,359	0,120	2,160	24,81	6,57	103,15	3,68	нет	8,19	32,36	10,98	67,10	0,099	нет	0,951	87,04	
Спитак	6,63	6,34	7,44	16,49	4,42	41,10	0,79	0,22	1,78	1,66	нет	4,00	1,13	0,50	3,00	0,647	0,060	1,750	0,217	нет	2,100	0,447	нет	1,030	16,54	нет	51,07	4,88	2,90	9,34	31,17	10,98	52,46	0,464	нет	1,540	74,44	
Ленинакан	6,60	5,68	7,09	14,65	2,36	35,01	5,32	1,03	15,08	3,64	нет	15,50	6,93	нет	30,00	1,604	0,120	11,00	0,172	нет	0,858	0,596	нет	4,000	37,31	0,88	88,80	12,59	3,82	38,68	36,83	13,42	78,08	0,029	нет	0,140	119,67	
Арагац	6,48	5,80	7,94	6,81	2,36	23,96	2,60	0,48	15,14	2,22	нет	7,00	1,48	нет	6,00	0,523	0,050	1,560	0,079	нет	0,143	0,400	нет	0,750	4,58	нет	26,25	9,76	3,22	69,52	25,89	12,20	50,63	0,007	нет	0,040	54,35	
Амберд	6,82	6,31	7,28	4,76	1,17	11,42	2,02	0,73	3,63	0,89	нет	3,00	0,79	нет	1,80	0,311	нет	1,320	0,048	нет	0,165	0,382	нет	0,900	9,22	нет	29,61	4,17	2,44	5,94	19,42	7,32	50,02	0,099	нет	0,480	42,11	
Кучак	6,61	6,43	6,80	2,66	1,18	4,80	0,64	нет	1,19	1,10	нет	4,50	1,05	нет	3,00	0,510	сл.	1,080	0,026	нет	0,069	0,438	0,190	1,190	1,72	нет	2,88	6,79	2,91	12,23	8,67	нет	18,30	0,231	нет	0,697	23,83	
Кафан	6,62	6,23	7,22	9,28	3,68	18,34	2,14	0,90	5,48	1,82	0,50	4,50	3,48	1,00	11,00	1,203	0,30	3,560	0,655	нет	9,540	1,106	нет	14,300	7,09	нет	24,00	8,36	4,51	17,41	35,14	18,30	59,78	0,444	сл.	1,870	70,71	
Мегри	6,71	6,27	7,04	9,45	5,09	11,89	3,15	1,43	5,35	1,60	0,50	3,00	2,10	1,00	5,00	0,402	нет	1,080	0,116	0,097	0,152	0,648	нет	1,330	9,18	0,96	22,08	4,50	2,90	6,77	24,44	13,42	42,70	0,135	нет	0,220	55,75	

Таблица 5

Относительный ионный состав атмосферных осадков

Пункт сбора осадков	К а т и о н ы										Сумма катионов, мг·экв/л	А н и о н ы												Сумма анионов мг·экв/л
	Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		K ⁺		Na ⁺		NH ₄ ⁺			NO ₂ ⁻		NO ₃ ⁻		SO ₄ ⁼⁼		Cl ⁻		HCO ₃ ⁻		PO ₄ ^{'''}		
	мг·экв/л	%·экв.	мг·экв/л	%·экв.	мг·экв/л	%·экв.	мг·экв/л	%·экв.	мг·экв/л	%·экв.		мг·экв/л	%·экв.	мг·экв/л	%·экв.	мг·экв/л	%·экв.	мг·экв/л	%·экв.	мг·экв/л	%·экв.	мг·экв/л	%·экв.	
Арарат	1,831	58,5	0,271	8,7	0,399	12,8	0,598	19,1	0,030	0,9	3,129	0,017	0,6	0,032	1,1	1,028	34,8	0,517	17,5	1,361	46,0	0,001	—	2,957
Паракар	0,719	69,4	0,212	20,5	0,033	3,2	0,043	4,2	0,029	2,7	1,035	0,005	0,4	0,016	1,3	0,573	46,5	0,136	11,0	0,503	40,7	0,001	0,1	1,234
Норагюх	0,544	80,1	0,044	6,5	0,020	2,9	0,042	6,2	0,029	4,3	0,679	0,003	0,4	0,007	0,9	0,337	42,2	0,107	13,4	0,344	43,1	сл.	—	0,798
Ереван—Обсерватория	0,913	57,2	0,484	30,3	0,042	2,6	0,130	8,1	0,028	1,8	1,597	0,007	0,4	0,014	0,8	0,926	55,4	0,222	13,4	0,502	30,0	сл.	—	1,671
Раздан	0,370	48,8	0,249	32,8	0,037	4,9	0,083	10,9	0,020	2,6	0,759	0,001	0,1	0,007	0,8	0,360	40,7	0,157	17,7	0,360	40,7	сл.	—	0,885
Севан	0,358	60,3	0,123	20,7	0,026	4,4	0,061	10,2	0,026	4,4	0,594	0,002	0,3	0,015	2,4	0,150	24,2	0,128	20,5	0,326	52,5	0,001	0,1	0,622
Семеновка	0,285	52,5	0,139	25,5	0,050	9,2	0,053	9,7	0,017	3,1	0,544	0,001	0,2	0,007	1,1	0,163	26,0	0,125	19,9	0,328	52,2	0,004	0,6	0,628
																				0,448				0,824
Дилижан	0,334	39,6	0,260	30,9	0,042	5,0	0,186	22,1	0,020	2,4	0,842	0,002	0,2	0,010	1,0	0,202	19,3	0,160	15,4	(0,665)	63,9	0,002	0,2	(1,041)
Иджеван	0,308	42,6	0,150	20,8	0,061	8,4	0,161	22,3	0,043	5,9	0,723	0,002	0,2	0,009	1,2	0,148	19,8	0,175	23,3	0,398	53,3	0,015	0,2	0,747
Берд	0,514	55,6	0,238	25,7	0,039	4,3	0,097	10,5	0,036	3,9	0,924	0,003	0,3	0,035	3,2	0,416	38,5	0,135	12,5	0,483	44,5	0,011	1,0	1,083
Дебедашен	0,763	54,9	0,415	29,9	0,057	4,1	0,103	7,4	0,052	3,7	1,390	0,005	0,4	0,009	0,7	0,585	50,3	0,155	13,3	0,408	35,0	0,003	0,3	1,165
Алаверди	0,269	55,6	0,132	27,3	0,020	4,1	0,031	6,4	0,032	6,6	0,484	0,001	0,2	0,010	2,0	0,272	54,0	0,110	21,8	0,105	20,8	0,006	1,2	0,504
Узунлар	0,913	49,2	0,789	42,5	0,045	2,4	0,083	4,5	0,026	1,4	1,858	0,002	0,1	0,006	0,4	1,230	78,0	0,128	8,1	0,212	13,4	0,001	—	1,577
Степанаван	0,339	35,4	0,267	27,9	0,077	8,0	0,214	22,3	0,061	6,4	0,958	0,002	0,2	0,005	0,5	0,404	41,2	0,212	21,7	0,351	35,8	0,006	0,6	0,980
Кировакан	0,978	74,7	0,201	15,4	0,022	1,7	0,080	6,1	0,028	2,1	1,309	0,008	0,7	0,006	0,5	0,516	44,3	0,103	8,8	0,530	45,5	0,003	0,2	1,166
Спитак	0,823	80,9	0,068	6,7	0,042	4,2	0,048	4,7	0,036	3,5	1,017	0,005	0,5	0,007	0,7	0,344	33,8	0,137	13,5	0,510	50,0	0,015	1,5	1,018
Ленинкан	0,729	44,3	0,437	26,5	0,093	5,6	0,300	18,2	0,089	5,4	1,648	0,004	0,2	0,010	0,6	0,777	44,4	0,355	20,3	0,603	34,5	0,001	—	1,750
Арагац	0,339	48,3	0,214	30,6	0,056	8,0	0,063	9,0	0,029	4,1	0,701	0,002	0,2	0,006	0,7	0,096	11,9	0,275	34,3	0,425	52,9	сл.	—	0,804
Амберд	0,240	50,2	0,164	34,3	0,023	4,8	0,034	7,1	0,017	3,6	0,478	0,001	0,2	0,006	0,9	0,192	30,2	0,117	18,4	0,318	49,9	0,003	0,4	0,637
Кучак	0,132	46,6	0,052	18,4	0,028	9,8	0,044	15,4	0,028	9,8	0,284	0,001	0,3	0,007	1,8	0,035	9,1	0,191	49,7	0,142	37,0	0,008	2,1	0,384
Кафан	0,463	51,5	0,174	19,3	0,046	5,1	0,150	16,7	0,067	7,4	0,900	0,014	1,4	0,018	1,8	0,147	14,7	0,235	23,4	0,575	57,3	0,014	1,4	1,003
Мегри	0,471	53,3	0,259	29,3	0,041	4,6	0,091	10,3	0,022	2,5	0,884	0,002	0,3	0,011	1,5	0,191	26,0	0,127	17,3	0,400	54,4	0,004	0,5	0,735

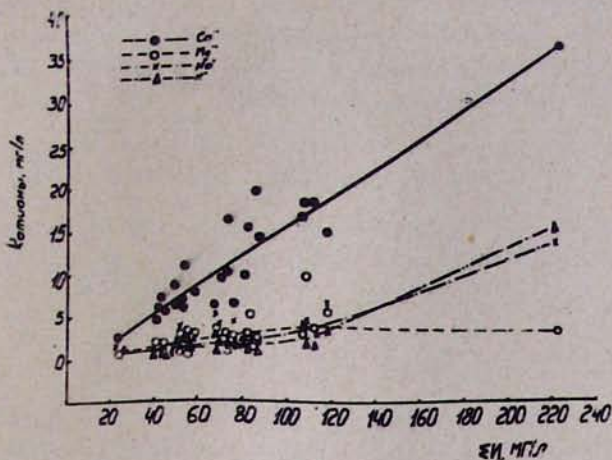


Рис. 2. Связь общей минерализации и содержания катионов в атмосферных осадках.

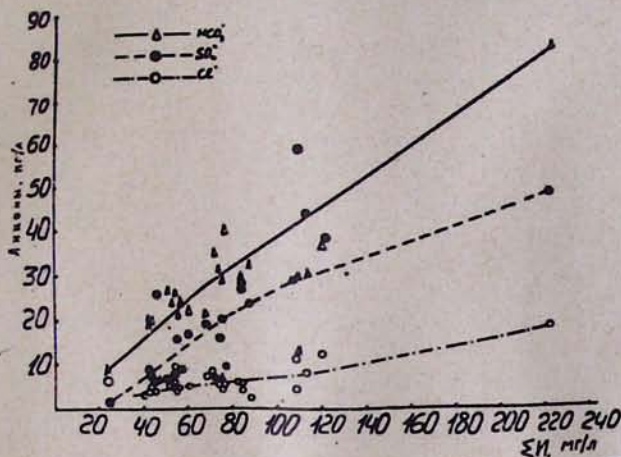


Рис. 3. Связь общей минерализации и содержания анионов в атмосферных осадках.

5. В анионном составе исследованных осадков преобладающими по количеству являются гидрокарбонатные и сульфатные ионы.

6. Из азотсодержащих ионов в осадках преобладают NH_4^+ и NO_3^- .

7. Концентрация веществ в осадках изменчива, зависит от метеорологических и хозяйственных условий (объем и характер промышленности).

Թ. Թ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Լ. Պ. ՄԻՈՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՏՆՐԻՏՈՐԻԱՅԻ ՎՐԱ ԹԱՓՎՈՂ ՄԹԵՆՈՒՈՐՏԱՅԻՆ ՏԵՂՈՒՄՆԵՐԻ
ՔԻՄԻԱԿԱՆ ԿԱԶՄԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո մ

Աշխատանքում ամփոփված են Հայկ. ՍՍՀ տեղիտորիայի վրա թափվող մթնոլորտային տեղումների քիմիական կազմի ուսումնասիրության 1962—1965 թթ. տվյալները:

Տրված են տեղումների իոնական կազմի բնութագիրը, առանձին իոնների բառային և հանքային նյութերի ընդհանուր քանակության կապը, ինչպես նաև ագրոքրիմիական ցուցանիշների և տեղումների հանքայնացման աստիճանի փոփոխության սահմանները Հայաստանում:

T. T. VARDANYAN, L. P. MKHOYAN

THE RESULTS OF THE INVESTIGATIONS OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF ATMOSPHERIC RAINFALLS ON THE TERRITORY OF ARMENIA

Summary

The article summarizes the data obtained by the investigations of the chemical composition of the atmospheric rainfalls on the territory of the Armenian SSR in the period of 1962—1965.

It gives the characterization of the ionic composition of the rainfalls, the relation of contents of single ions and the general quantity of mineral substances, as well as the changing limits of agrochemical indices and the degree of mineralization of rainfalls.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ш. И. Агаев, И. Н. Степанов. О химическом составе атмосферных осадков Азербайджана, ДАН СССР, 1964, т. 154, № 6, стр. 1359—1361.
2. «Агрохимические методы исследования почв». М., Изд. АН СССР, 1960.
3. О. А. Алекин. Основы гидрохимии, Л., Гидрометеониздат, 1953.
4. О. А. Алекин. Химический анализ вод суши, Л., Гидрометеониздат, 1954.
5. О. А. Алекин и Л. В. Бражникова. К познанию стока растворенных веществ земной суши. «Гидрохимические материалы», т. XXXII, 1961, стр. 12—25.
6. Л. К. Блинов. О поступлении морских солей в атмосферу и о значении ветра в солевом балансе Каспийского моря. Тр. Гос. океан. ин-та (ГОИН), вып. 15, 1950, стр. 67—112.
7. Е. С. Бурксер, Н. Е. Федорова. Опыт исследования химического состава атмосферных вод. «Гидрохимические материалы», 16, 1949, стр. 107—112.
8. Е. С. Бурксер, Н. Е. Федорова, Б. Б. Зайдис. Химический анализ воды при малом объеме пробы или малой минерализации. «Укр. хим. ж.», т. XVII, вып. 1, 1951, стр. 1—14.
9. Е. С. Бурксер, Н. Е. Федорова, Б. Б. Зайдис. Атмосферные осадки и их роль в миграции химических элементов через атмосферу. «Тр. Киевской геофиз. обсерватории», вып. 1, 1952, стр. 49—68.
10. Е. С. Бурксер, Н. Е. Федорова. Роль химического состава атмосферных осадков в формировании природных вод. «Научн. зап. Киевского ун-та. Геологический сборник», 1954 № 5, стр. 154—159.
11. Б. М. Вельбель. К вопросу о содержании азота в атмосферных осадках. «Журнал опытной агрономии», 1903, т. IV, кн. 2, стр. 188—195.
12. В. И. Вернадский. История минералов земной коры, т. II. История природных вод., вып. 1, 1933; вып. 2, 1934; вып. 3, 1936, Л., Госхимтехиздат.
13. Е. Н. Виноградова. Методы определения концентрации водородных ионов. М., 1956.
14. Я. Я. Витынь. Количества Cl и SO₂, поступающих в почву с атмосферными осадками. «Журнал опытной агрономии», т. 12, 20., 1911.

15. П. П. Воронков. О некоторых закономерностях формирования химического состава атмосферных осадков. ДАН СССР, т. ХCVIII, № 5, стр. 765—768.
16. П. П. Воронков. Формирование химического состава поверхностных вод степной и лесостепной зон Европейской территории СССР. Л., Гидрометеониздат, 1955.
17. К. К. Вотинцев. Химический состав вод атмосферных осадков Прибайкалья. ДАН СССР, гидрология, т. ХСУ, № 5, стр. 979—982.
18. Г. К. Габриелян, О. А. Бозоян. О химическом составе атмосферных вод Вулканического нагорья Армянской ССР «Вестник Моск. ун-та», сер. V, география, 1964, № 5, стр. 72—75.
19. А. Х. Гиренко. Некоторые закономерности в химии вод атмосферы. «Гидрохимические материалы», т. XXVIII, М., Изд. АН СССР, 1959, стр. 101—111.
20. А. Х. Гиренко. Гидрохимический режим атмосферных осадков по наблюдениям в Ростовской области. «Гидрохимические материалы», т. XXVIII, М., Изд. АН СССР, 1959, стр. 112—119.
21. Р. И. Грабовский. О концентрации хлорида в осадках и облачных элементах. «Вестник ЛГУ», 1951, № 10, стр. 36.
22. Р. И. Грабовский. Мировой океан как источник атмосферных ядер конденсации. «Изв. АН СССР», сер. геофиз., 1952, № 2, стр. 56—74.
23. Р. И. Грабовский. Атмосферные ядра конденсации, Л., Гидрометеониздат, 1956.
24. Г. С. Давтян, Т. Т. Варданян. Некоторые результаты исследования круговорота серы в Армянской ССР. «Сообщения Лаборатории агрохимии АН Арм. ССР», 1964, № 5.
25. В. Г. Данко и В. Т. Каплин. Использование фенолят-гипобромидной реакции на аммиак для его определения в природных водах. «Гидрохимические материалы», т. XXIX, М., Изд. АН СССР, 1959, стр. 230—237.
26. П. В. Денисов и А. Л. Бугаев. Химический состав атмосферных осадков северо-восточной части Украины. ДАН СССР, 1956, т. 108, № 5, стр. 879—881.
27. П. В. Денисов. Химический состав атмосферных осадков Северного Тянь-Шаня. ДАН СССР, 1956, т. 110, № 5, стр. 842—843.
28. В. М. Дроздова. Характеристика минерализации и химического состава воды атмосферных осадков, собранных в различных пунктах СССР за период МГГ и МГС. Тр. ГГО, вып. 134, стр. 26—32, 1962, Л., Гидрометеониздат.
29. В. М. Дроздова, О. П. Петренчук, П. Ф. Свистов. Некоторые данные о составе облачной воды. Тр. ГГО, вып. 134, Л., Гидрометеониздат, 1962, стр. 131—134.
30. В. М. Дроздова, О. П. Петренчук, Е. С. Селезнева, П. Ф. Свистов. Химический состав атмосферных осадков на Европейской территории СССР, Л., Гидрометеониздат, 1964.
31. С. А. Дуров и Н. Е. Федорова. Источники ионно-солевого состава атмосферных осадков СССР. ДАН СССР, 1955, т. 103, № 4, стр. 663—666.
32. К. Б. Жаггар, М. И. Холодова. Химический состав атмосферных осадков г. Воронежа. «Гидрохимические материалы», т. XXXI, М., 1961, стр. 3—11.
33. К. Б. Жаггар, М. И. Холодова. Химический состав снеговых вод г. Воронежа и его окрестностей. «Тр. Воронежского зоотехническо-ветеринарного ин-та», т. 17, 1960.
34. Т. К. Жаворонкина. Содержание хлоридов и сульфатов в атмосферных осадках по 33 меридиану. Труды Морского гидрофизического ин-та АН СССР, т. V, 1955, стр. 99—113.
35. «Загрязнение атмосферы воздуха». Всемирная организация здравоохранения. Дворец наук. Серия монографий, № 46. Женева, 1962.
36. П. С. Коссович. О круговороте хлора и серы на земном шаре и о значении этого процесса в природе, почве и в культуре сельскохозяйственных растений. «Журнал опытной агрономии», т. 14, 1913, стр. 181.
37. П. С. Коссович. О круговороте хлора и серы на земном шаре и о значении этого процесса в природе, почве и в культуре сельскохозяйственных растений. Сообщения из Бюро по земледелию и почвоведению. Сообщение 12, СПб., 1913.

38. М. И. Кривенцов. Атмосферные осадки района Пролетарского водохранилища р. Западный Маныч. «Гидрохимические материалы», т. XXXI, М., 1961, стр. 12—17.
39. А. А. Матвеев. Химический состав снега в Антарктиде по наблюдениям на профиле Мирный—Восток. «Гидрохимические материалы», т. XXXIV, 1961, стр. 3—12.
40. А. А. Матвеев. Атмосферные осадки как фактор формирования химического состава поверхностных вод. Материалы XVI гидрохимического совещания (тезисы докладов), Новочеркасск, 1962, стр. 47—48.
41. Г. А. Максимович. О роли атмосферных осадков в переносе растворенных веществ. ДАН СССР, 1953, т. ХСII, № 2, стр. 401—403.
42. «Методические указания № 27 по сбору и хранению проб атмосферных осадков для химического исследования». Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова, Л., Гидрометеопиздат, 1960.
43. А. Позняков. Опыт исследования химического состава атмосферных осадков в зависимости от метеорологических факторов. «Журнал опытной агрономии», т. 5, 740, 1904.
44. В. А. Пчелин. Измерение активности водородных ионов (рН), М., Гизлегпром, 1955.
45. А. А. Резников, Б. П. Муликовская, И. Ю. Соколов. Методы анализа природных вод. М., Госгеолтехиздат, 1963.
46. П. Ф. Свистов. Некоторые результаты исследования физико-химической природы атмосферных аэрозолей, физика атмосферы и океана, т. III, М., изд. «Наука», 1967, № 5, стр. 516—525.
47. Е. С. Селезнева. О ядрах конденсации в атмосфере. Тр. НИУ ГУГМС. Вопросы физики атмосферы, сер. I, вып. 7, 1945.
48. Е. С. Селезнева, В. М. Дроздова, О. П. Петренчук. Химический состав атмосферных осадков на ЕТС. Тр. Всесоюзного метеорологического совещания, т. V, 1963.
49. Г. Д. Супаташвили. Некоторые вопросы формирования химического состава атмосферных осадков и ледников горных районов Грузинской ССР и задачи дальнейшего исследования. Материалы XVI гидрохимического совещания. Тезисы докладов. Новочеркасск, 1962, стр. 61—63.
50. Г. Д. Супаташвили. Бор, бром и иод в атмосферных осадках Грузии. Труды Тбилисского гос. ун-та. 1964, стр. 104.
51. П. П. Трубецкой. Химические исследования за 1899 г. Плотянской агролаборатории. Ежемес. метеор. бюлл. ГФО, 1901. Рец. А. А. Каминского (по В. М. Дроздовой и др.).
52. Ф. В. Турчин. Методы определения соединений азота в почве. Агрохимические методы исследования почв. Изд. АН СССР, 1954.
53. С. М. Фотиев. Химический состав атмосферных осадков в районе пос. Чульман Якутской АССР, «Гидрохимические материалы», т. XXXVI, 1964, стр. 3—15.
54. Хаттон. Химический состав дождевой воды на примере исследований в юго-восточной Австралии. Сб. «Климатология и микроклиматология». Перевод с англ. М., изд. «Прогресс», 1964.
55. Х. Юнге. Химический состав и радиоактивность атмосферы. Перевод с англ. В. Н. Петрова и А. Я. Прессмана, под редакцией Ю. А. Израэля. М., изд. «Мир», 1965.
56. V. Anderson. The influence of weather conditions upon the amount of nitric acid and nitrous acid in the rainfall near Melbourne. Chem. News, 1914, 110.
57. A. Angström, L. Högborg. On the content of Nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$) in Atmospheric Precipitation. Tellus, vol. 4, № 1, p. 31—43, 1952.
58. A. Angström, L. Högborg. On the Content of Nitrogen in Atmospheric Precipitation in Sweden. II, Tellus, vol. 4, p. 271—280, 1952.
59. G. S. Davtyan, T. T. Vardanyan. Some results of the Investigations of sulfur rotation in the Armenian SSR. «Agrochimica», vol. VIII, p. 249—262, Pisa, 1964.
60. H. Egner, E. Eriksson, A. Emanuelsson. Composition of Atmospheric Precipitation, I Sampling Technique. Use of Ion Exchange Resins. Annals of the Royal Agricultural College of Sweden, vol. 16, 593—602, Uppsala, 1949.

61. H. Egner, G. Brodin, O. Johansson. Sampling technique and Chemical Examination of Air and Precipitation. Annals of the Royal agricultural College of Sweden. Parts I—IV, vol. 22, p. 369—410, 1956.
62. H. Egner. Die Bedeutung der Schwefelverbindungen in der Luft für Die Bodenfruchtbarkeit. „Agrochimica“, vol. IX, № 2, p. 133—143, Pisa, 1965.
63. E. Eriksson. Composition of atmospheric precipitation. I Nitrogen compounds. Tellus, vol. 4, № 3, p. 215—233, 1952. II Sulfur, Chloride, iodine compounds. Bibliography Tellus, vol. 4, № 4, p. 280—304, 1952.
64. E. Eriksson. The yearly circulation of chloride and sulfur in nature, meteorological geochemical and pedological implications. Part I Tellus, vol. 11, 375, 1959. Part II Tellus, vol. 12, 63, 1960 (no X. Юнre).
65. G. Gray. On the dissolved matter contained in Rainwater. Proc. Austral. Assoc. Sydney, 1888.
66. E. Kinch. Amount of chlorine in rain water collected at Chirencheste. J. Chem. Soc., London, 1900, 77, № 3 (no A. X. Гиренко).
67. N. Miller. The amount of nitrogen as ammonia and as nitric acid and chlorine in the rain water collected at Rothamsted. Journal Agricultural Science, vol. 1, 1902.
68. H. Riehm. Die Bestimmung der Pflanzennährstoffe im Regenwasser und in der Luft Stickstoffverbindungen. „Agrochimica“, vol. V, № 2, Pisa, 1961, p. 174—188.