

Г. С. ДАВТЯН, Т. Т. ВАРДАНЯН, Л. П. МХОЯН

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ДИЛИЖАНСКОЙ ЛЕСНОЙ АГРОХИМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ (ДИЛАС)

В природе непрерывно совершается круговорот веществ. Одним из звеньев этого круговорота являются атмосферные осадки. Первые исследования их химического состава были проведены в середине XVIII в. в Германии. Аналогичные исследования во Франции начались в середине XIX в., а в России—в 900-х годах [1—5]. Целью первых работ было изучение в атмосферных осадках содержания и форм азота, как элемента номер один в жизни растений. Исследования по круговороту серы и хлора в России выполнены в 1909—1913 гг. агрохимиками П. С. Коссовичем [6] и Я. Я. Витынь [7] в лаборатории почвоведения Петербургского Лесного Института. В Советском Союзе первые работы по изучению химического состава атмосферных осадков были начаты лишь в конце 30-х годов.

Имея в виду большое теоретическое и практическое значение проблемы азота, в годы Великой Отечественной войны, в 1944 г. крупный советский ученый Б. Б. Полюнов организовал исследования по учету азота и его природных соединений. В программе этих исследований определенное место занимали работы по изучению форм и содержания азота в атмосферных осадках [8]. По химии осадков опубликовано большое число работ, в том числе обобщающих трудов [4—7, 9—16].

В связи с исследованиями агрохимических показателей атмосферных осадков в Армянской ССР с 1969 г. проводятся работы по изучению ионного состава осадков на территории Дилижанской лесной агрохимической станции, которая является контрольным пунктом в нашей исследовательской сети.

На этой станции систематически собирали суммарные (двухнедельные или месячные) пробы осадков. Для сбора образцов использовали самодельные установки из пластмассы. В лабораторных условиях проводили химические анализы осадков методами, принятыми в агрохимии и гидрохимии [17—19]. Ионы Са, Mg, SO_4 определяли трилонометрически, HCO_3 —объемным методом. Для определения Сl пользовались методом Мора, фосфор определяли по методу Труога-Мейера, нитраты—по Грандвалля—Ляжу, нитриты—реактивом Грисса, аммиачный азот—реактивом Несслера. Колориметрическое определение фосфора и азотсодержащих ионов производили фотоэлектрическим колориметром (ФЭК-56М). Натрий и калий определяли на пламенном фотометре модели Цейса. Концентрацию водородных ионов измеряли с помощью рН-метра ЛПУ-01.

Результаты исследования химического состава атмосферных осадков показывают, что Дилижанская лесная агрохимическая станция по минерализации и ионному составу атмосферных осадков отличается от других пунктов на территории Армянской ССР [20].

Нашими исследованиями установлено, что минерализация осадков меняется по природным зонам Армянской ССР [21, 22]. При этом наибольшее среднегодовое содержание растворенных веществ обнаружено в осадках пустынной зоны, а наименьшее (47—505 мг/л) — в альпийской зоне. Однако данные табл. 1 показывают, что уровень минерализации осадков на территории ДИЛАС ниже, чем в других зонах республики. В среднем сумма ионов составляет 45 мг/л (табл. 1). Среднегодовой показатель минерализации осадков на этой станции менялся в пределах 36—60 мг/л. Иногда в отдельные сроки отмечено более низкое содержание веществ, например, в 1975 г. — 16, в 1969 г. — 18 мг/л.

Таблица 1
Среднегодовое значение суммы ионов в мг/л и количества атмосферных осадков на ДИЛАС

Среднегодовое значение	Годы исследования								Среднее за 1969—1976 гг.
	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	
$\Sigma_{\text{и}}$	40,6	59,8	49,2	35,9	44,6	49,1	48,7	46,2	46,4* 44,9**
Кол-во осадков мм	604,6	484,3	617,5	716,2	631,6	645,6	674,6	630,1	625,6

Таблица 2
Сравнительные показатели общего содержания растворенных веществ и электропроводности атмосферных осадков на территории ДИЛАС и г. Дилижана

Годы исследований	ДИЛАС		г. Дилижан	
	Сумма ионов, мг/л	$x \cdot 10^6$ ом ⁻¹ см ⁻¹	Сумма ионов, мг/л	$x \cdot 10^6$ ом ⁻¹ см ⁻¹
1969	40,6	68,9	62,8	92,6
1971	49,2	74,7	83,9	110,1
1975	48,7	72,6	59,2	81,2

Следовательно, атмосфера над территорией Дилижанской агрохимической станции в смешанном лесу (на территории заповедника) чище, чем в любой зоне Армянской ССР, в том числе — альпийской. Дилижан в этом отношении занимает среднее положение. Здесь минерализация осадков в среднем в 1,5 раза выше, чем на ДИЛАС (табл. 2).

На лесной агрохимической станции по содержанию растворенных веществ осадки 1970 г. составляют исключение; среднегодовая сумма ионов доходит до 60 мг/л (табл. 1). Такое нарушение, возможно, связано и с загрязнением среды (увеличение строительных работ на станции за указанный период). Большая минерализация осадков обусловлена также их сравнительно малым годовым количеством. В 1970 г. количество осадков составляло всего 484 мм, что намного меньше

* С учетом повышенных показателей за 1970 г.

** Исключая данные 1970 г.

среднегодового (626 мм). За исключением указанного года, сумма осадков над ДИЛАС менялась в пределах 604—716 мм. При этом наибольшее количество осадков (716 мм) выпало за 1972 г., с чем и связано сравнительно низкое содержание (35,9 мг/л) растворенных веществ в них (табл. 1). Зависимость минерализации осадков от их годового количества на территории АрмССР установлено нашими предыдущими работами [23].

Из данных табл. 3 видно, что среднее значение рН осадков на ДИЛАС меняется в пределах 5,7—6,7, а в среднем составляет 6,3. Можно сказать, что Лесная агрохимическая станция, по сравнению с другими пунктами на территории АрмССР, отличается наибольшей концентрацией водородных ионов [20], что в данном случае свидетельствует о сравнительной чистоте осадков.

Таблица 3

Среднегодовое значение концентрации катионов в атмосферных осадках, мг/л

Годы исследований	рН	Ca	Mg	K	Na
1969	6,30	5,8	1,7	1,2	2,1
1970	6,57	7,8	1,6	1,4	3,1
1971	6,46	6,5	1,0	0,9	1,0
1972	5,91	4,5	0,9	0,4	1,0
1973	6,67	5,4	0,8	0,5	0,7
1974	5,71	5,2	1,5	0,8	1,9
1975	6,69	5,4	1,1	0,5	1,0
1976	6,70	5,1	1,4	1,4	0,7
Среднее за 1969—1976 гг.	6,36	5,7	1,2	0,9	1,4

Данные табл. 3 показывают также, что для двухвалентных катионов в осадках на ДИЛАС получена такая же картина, что и в других пунктах республики. В катионном составе исследуемых осадков количественно преобладают ионы кальция, а затем—магния. Их содержание соответственно меняется в пределах 4,1—7,8 мг/л и 0,8—1,7 мг/л. Однако ряд одновалентных катионов в исследуемых осадках резко отличается от других.

Таблица 4

Среднегодовая концентрация соединений азота и фосфора в атмосферных осадках

Годы исследований	И о н ы мг/л			
	NH ₄	NO ₂	NO ₃	HPO ₄
1969	2,61	0,12	0,82	0,08
1970	5,36	0,20	1,16	0,64
1971	3,00	0,04	0,97	0,20
1972	3,58	0,01	0,47	0,21
1973	3,74	0,04	0,65	0,30
1974	4,32	0,04	0,79	0,45
1975	3,13	0,06	0,69	0,48
1976	6,32	0,07	0,66	1,07
Среднее за 1969—1976 гг.	4,00	0,07	0,77	0,42

Сравнение данных табл. 3 и 4 показывает, что в осадках на ДИЛАС из одновалентных ионов количественно преобладают аммиачные ионы, а, между тем, в других пунктах в указанном ряду NH_4 занимает третье (иногда—второе) место. В этом отношении исключение составляют осадки в соседнем—Иджеванском районе и в Узуларе. В последнем пункте осадки отличаются не только по ряду одновалентных ионов, но и по составу анионов, что обусловлено близостью промышленных объектов [20].

Среднегодовое содержание главных анионов
в атмосферных осадках, мг/л

Таблица 5

Годы исследований	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-
1969	11.4	6.4	8.4
1970	14.2	9.4	14.9
1971	18.0	7.8	9.8
1972	5.3	7.6	11.9
1973	12.1	8.7	11.7
1974	10.9	8.2	15.0
1975	14.4	12.3	9.6
1976	12.3	6.3	10.9
Среднее за 1969—1976 гг.	12.2	8.2	11.5

Концентрация аммиачных ионов в осадках на Дилижанской лесной агрохимической станции в среднем составляет 4 мг/л, а годовые показатели меняются в пределах 2,6—6,3 мг/л. По данным Е. С. Селезневой [12], содержание NH_4 в осадках на территории СССР в среднем меняется в пределах 0,5—1,5 мг/л и лишь в некоторых случаях отмечается увеличение концентрации аммиака до 2,5 мг/л.

В исследуемых осадках аммиачные ионы количественно преобладают не только в ряду одновалентных катионов, но и среди азотсодержащих ионов (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-); из данных табл. 4 видно, что концентрация нитритов в среднем составляет 0,07, а нитратов—0,77 мг/л.

Концентрация соединений фосфора небольшая (в среднем 0,42 мг/л) и, следовательно, не играет существенной роли в миграции веществ с осадками (табл. 4).

Атмосферные осадки на ДИЛАС отличаются также анионным составом. Из данных табл. 5 видно, что в среднем из анионов количественно преобладают гидрокарбонаты. За годы исследований их содержание менялось в пределах 5—14 мг/л. Однако данные таблицы показывают также, что в отдельные годы (1970, 1972, 1974) в убывающем ряду анионов первое место занимает хлор. Надо отметить, что ни в одном пункте на территории Армянской ССР такое соотношение анионов в осадках не отмечено. Сульфатные ионы количественно занимают третье или второе место среди анионов (табл. 5).

Сравнительно низкое содержание гидрокарбонатных и сульфатных ионов в осадках на ДИЛАС обусловлено удаленностью указанного пункта от источников загрязнения атмосферы и благотворным влиянием лесного покрова.

Таким образом, результаты наших многолетних исследований показывают, что осадки на ДИЛАС отличаются от других в Армянской ССР по минерализации и ионному составу. Общее количество растворенных веществ наименьшее. Содержание водородных и аммиачных ионов сравнительно высоко. В катионном составе коли-

чественно преобладают кальциевые ионы, а из одновалентных—аммиачные. В анионном составе наибольшей концентрацией отличаются ионы HCO_3^- и Cl^- . Наблюдается обратная связь между минерализацией и общим (годовым) количеством осадков.

Գ. Ս. ԴԱՎԹՅԱՆ, Թ. Թ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Լ. Պ. ՄԽՈՅԱՆ

ԻԻԻԻԶԱՆԻ ԱՆՏԱՌԱՅԻՆ ԱԳՐՈՔԵՄԻԱԿԱՆ ԿԱՅԱՆԻ ՏԱՐԱԾՔԻ ՎՐԱ
ԹԱՓՎՈՂ ՄԹԵՆՈՒՐՏԱՅԻՆ ՏԵՂՈՒՄՆԵՐԻ ՔԵՄԻԱԿԱՆ ԿԱԶՄԸ

Ա մ փ ո փ ո ս մ

Աշխատանքում բերված են մթնոլորտային տեղումների իոնական կազմի ուսումնասիրության ամփոփված արդյունքները:

Անտառային ագրոքեմիական կայանում տեղումներն իրենց հանքայնացման աստիճանով և իոնական կազմով տարբերվում են Հայաստանի տարրերական գոտիներում ուսումնասիրված տեղումներից: Նրանք ունեն հանքայնացման համեմատաբար ցածր աստիճան և պարունակում են ավելի մեծ քանակության NH_4 և H իոններ:

Կատիոններից քանակապես գերակշռում են կալցիումի իոնները, իսկ անիոններից՝ HCO_3^- և Cl^- :

Դիտվում է հակադարձ կապ տեղումների հանքայնացման և տարեկան քանակության միջև:

G. S. DAVTYAN, T. T. VARDANYAN, L. P. MKHOYAN

THE CHEMICAL COMPOSITION OF ATMOSPHERIC PRECIPITATIONS ON THE TERRITORY OF THE DILIJAN FOREST AGROCHEMICAL STATION.

Summary

The ionic composition of the rainfalls has been studied. The rainfalls of the forest agrochemical station differ by the amount of mineralization and ionic composition from those occurring in the other natural zones of Armenia. They show a comparatively lower degree of mineralization and contain a greater amount of NH_4 and H ions.

In terms of cations the potassium ions predominate in quantity, and of-anions the HCO_3^- and Cl^- ions.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ж. Б. Буссенго. О количестве аммиака, содержащего в осадках дождя, снега, росы и тумана. В кн.: «Избранные произведения по физиологии растений и агрохимии», Сельхозгиз, М., 1957, с. 448—462.
2. Ж. Б. Буссенго. Исследования по вопросу о количестве азотной кислоты, содержащейся в дождевой воде, в тумане и росе. Там же, с. 462—471.

3. Б. М. Вельбель. К вопросу о содержании азота в атмосферных осадках. «Журнал опытной агрономии», т. IV, кн. 2, СПб., 1903, с. 188—195.
4. В. И. Вернадский. История минералов земной коры, т. II. История природных вод, часть I, выд. 2, Госхимтехиздат, Л., 1934.
5. В. М. Дроздова, О. П. Петренчук, Е. С. Селезнева, П. Ф. Свистов. Химический состав атмосферных осадков на Европейской территории СССР. Гидрометеонадат, Л., 1964.
6. С. П. Коссович. О круговороте хлора и серы на земном шаре и о значении этого процесса в природе, почве и в культуре с.-х. растений. «Журнал опытной агрономии», т. XIV, СПб., 1913, с. 116—154, 181—228.
7. Я. Витман. О количестве Cl и SO_2 , поступающих в почву с атмосферными осадками. «Журнал опытной агрономии», т. XII, СПб., 1911, с. 20—32.
8. Б. Б. Полянов. Об организации работ по изучению азота и его природных соединений. Вести. АН СССР, № 6, 1944, с. 41—43.
9. П. П. Воронков. О некоторых закономерностях формирования химического состава атмосферных осадков. ДАН СССР, т. XCVIII, № 5, с. 765—768.
10. А. А. Матвеев и О. И. Башмакова. Химический состав атмосферных осадков некоторых районов СССР. Гидрохимические материалы, т. XLII, 1966.
11. А. А. Матвеев. Атмосферные осадки и сток растворенных веществ. Гидрохимические материалы, т. XLV, Гидрометеонадат, 1967, с. 5—20.
12. Е. С. Селезнева. О некоторых химических характеристиках климата почв. В кн.: «Климат почвы», Гидрометеонадат, Л., 1971, с. 203—209.
13. Х. Юнге. Химия осадков. В кн.: «Химический состав и радиоактивность атмосферы», изд-во «Мир», М., 1965, с. 335—405.
14. E. Eriksson. Composition of atmospheric precipitation. «Tellus» vol. 4, № 3 p. 215—233, vol. 4, № 4, p. 280—304, 1952.
15. H. Riehm. Die Bestimmung der Pflanzennähstoffe im Regenwasser und in der Luft unter besonderer Berücksichtigung der Stickstoffverbindungen. «Agrochimica», vol. 5, № 2, p. 174—188, 1961.
16. О. А. Алекси, Л. В. Бражникова. Сток растворенных веществ с территории СССР. Изд-во «Наука», М., 1964.
17. О. А. Алекси. Химический анализ вод суши. Л., 1954.
18. А. А. Резников, Е. П. Муликовская, И. Ю. Соколов. Методы анализа природных вод. Госгеолтехиздат, М., 1963.
19. Агрохимические методы исследования почв. Изд-во АН СССР, М., 1954.
20. Г. С. Давтян, Т. Т. Варданиян, Л. П. Мхоян. Химический состав и электропроводность атмосферных осадков в различных зонах Армянской ССР. В кн.: «Содержание примесей в атмосферных осадках, атмосферные аэрозоли». Защита атмосферы от загрязнений. Вып. 3, Изд-во АН Литовской ССР, Вильнюс, 1976, с. 23—33.
21. Г. С. Давтян, Т. Т. Варданиян. Изменение общей минерализации атмосферных осадков по природным зонам Армянской ССР. ДАН Армянской ССР, т. LIX, № 2, 1974, с. 122—125.
22. Т. Т. Варданиян, Г. С. Давтян. Значение атмосферных осадков в миграции и круговороте веществ. Тезисы докладов V Делегатского съезда ВОП. Вып. 3, Агрохимия и плодородие почв, Минск, 1977.
23. Г. С. Давтян, Т. Т. Варданиян, Л. П. Мхоян. Изменение содержания питательных веществ в атмосферных осадках в зависимости от их количества в различных природных зонах Армянской ССР. «Сообщения Института агрохимической проблем и гидропоники АН Армянской ССР», № 17, 1977, с. 48—51.