

ВОПРОСЫ ОБЩЕЙ АГРОХИМИИ

Г. С. ДАВТЯН, Т. Т. ВАРДАНЫАН

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КРУГОВОРОТА
СЕРЫ В АРМЯНСКОЙ ССР

В агрохимических исследованиях последних десятилетий сере уделялось относительно мало внимания. Однако по своему физиолого-биохимическому значению сера находится в одном ряду с азотом, фосфором и другими важнейшими элементами питания растений. Доказано, что растения выносят из почвы серы лишь немногим меньше, чем фосфора, а крестоцветные даже намного больше [1, 4, 5 и др.].

Важное физиологическое значение серы в жизни растений и разнообразие источников серы для его питания определяют актуальность проблемы исследования круговорота этого важного питательного элемента.

Известно, что сера входит в состав лишь немногих аминокислот (в частности—цистина и метионина), однако она входит в содержание всех белков, без исключения; наряду с азотом и фосфором сера является неперменным участником синтеза белков. Некоторые растения содержат серу и в других органических соединениях (горчичные и чесночные масла и др.), а также в неорганических сульфатах. В форме сульфатов в растениях сера накапливается в результате как поступления из внешней среды, так и распада белков и окисления серы во внутренних процессах обмена веществ. Известно также, что сера поглощается растениями в окисленной форме аниона SO_4^- , однако, участвуя в синтезе белков и других веществ в растении, сера восстанавливается и играет важную роль в окислительно-восстановительных процессах, связанных с дыханием [1, 2, 5 и др.]. Весьма подвижные переходы дисульфидной группы цистина (S—S) в восстановленную форму сульфгидрильной группы цистеина (—SH) определяют известную в литературе роль содержащего цистеин глутатиона в окислительно-восстановительных процессах, протекающих в живой клетке. Недостаток серы, так же как недостаток азота и фосфора, весьма отрицательно влияет на рост и развитие растений. Признается, что сера поглощается растениями из внешней среды в форме SO_4^- . Источниками серы для растений обычно являются: почва, атмосферные осадки, оросительная вода, инсектициды, фунгициды и удобрения, содержащие серу в формах дополнительного компонента [1, 3, 4, 5, 7 и др.]. Проблема круговорота серы и серного удобрения еще в конце прошлого и начале нашего века интересовала русских агрохимиков и

агрономов: Богданов (Киев), Соляков (Киевская сеть опытных полей), Калужский (Саратов), Васильев (Новозыбков) и многие другие. Особенно заслуживают упоминания многолетние труды П. С. Коссовича и Я. Я. Витынь по исследованию круговорота серы, выполненные в 1909—1913 гг. Они изучали содержание серы в растениях, почвах и атмосферных осадках. Ввиду большого интереса и сравнительного значения мы приведем одну из сводных таблиц из работы П. С. Коссовича [5], изданной в 1913 г. (табл. 1).

Таблица 1

Содержание серной кислоты (SO_2) в атмосферных осадках различных стран (по данным П. С. Коссовича, 1913 г.)

Местность	Годы	Осадки в мм за год	Мг/л	Кг/га за год
Лесной Институт, С. Петербург . . .	1909—1911	625,6	12,7	78,9
Охтенское лесничество окрестностей Петербурга	1909—1911	671,3	11,8	79,0
Павловск, С. Петербургской губернии	1909—1910	545,8	3,1	16,9
Запольская с.-х. оп. ст. Луга Петербургской губернии	1909—1910	484,0	2,2	10,8
Шатиловская с.-х. оп. ст. Тульской губернии	1909—1910	476,4	1,9	9,2
Мариупольское оп. лесничество Екатеринославской губернии	1909—1910	401,6	14,2	56,7
Боровое оп. лесничество Самарской губернии	1909—1911	395,3	2,1	7,6
Ротамстед (Англия)	1877—1878 1900—1901	731,0	2,6	19,5
Катания (Сицилия)	1888—1889	466,3	5,0	23,4
Новая Зеландия	1884—1888	754,4	2,2	16,8

Еще тогда П. С. Коссович пришел к выводу, что растения нуждаются в сере столько же или больше, чем в фосфоре. Он отметил, что содержание SO_2 составляет на воздушно-сухое вещество в зернах злаков 0,29—0,45 %, в соломе—0,26—0,55 %, в клеверном сене—около 0,40 %, в люцерновом сене—около 0,50 % в зернах гороха—0,45 %, фасоли—0,58 %, сои—0,85 %, а в крестоцветных намного больше (турнепс—1,85 %, капуста—2,05 %). П. С. Коссович [5, 6] и Я. Я. Витынь [7] показали, что один из существенно важных источников серы представляют атмосферные осадки, являющиеся важным звеном в круговороте серы в природе. По многолетним данным П. С. Коссовича отмечено минимальное содержание SO_2 в 1 литре осадков—0,28 мг, а максимальное—90,2 мг. Он писал: «Для местностей, находящихся в сфере влияния больших городов, заводов, фабрик, железных дорог и т. д., содержание серной кислоты в атмосферных осадках, по нашим данным, обычно выше 10 мг на литр; в сельских же местностях оно колеблется между 2 и 3 мг на литр». Это наблюдение, в принципе, подтвердилось и всеми дальнейшими, в

том числе и нашими, исследованиями. П. С. Коссович рассчитал, что вдали от городских, промышленных и железнодорожных объектов на гектар площади выпадает в атмосферных осадках около 10 кг SO_3 , в то время как в окрестностях названных объектов количество SO_3 на гектар достигает 80 кг, при этом большая часть серы приходится на зимний период, что автор связывает с усиленным сжиганием топлива. Исследования Коссовича показали также, что концентрация серы в почвенных и грунтовых водах обычно выше, чем в поступающих атмосферных осадках, так как часть воды испаряется; содержание серной кислоты в почвенных и грунтовых водах может колебаться в широких пределах, начиная от концентрации серы в атмосферных осадках и до уровня насыщенных растворов. Коссович сделал весьма оригинальное заключение о том, что процентное содержание серы (и хлора) в грунтовых и почвенных водах (если известно их содержание в атмосферных осадках в данной местности) может позволить судить о расходе поступающей воды через испарение. К этому же периоду относятся работы многих иностранных исследователей [8, 9, 10, 11 и др.]. К сожалению, после этих работ нового разветвления исследований круговорота серы не последовало; очевидно, они были прерваны первой мировой войной. Но уже эти работы полувекковой давности позволяли заключить, что, наряду с Н, О, С, N, Cl, сера является одним из наиболее подвижных элементов в круговороте жизненно важных веществ на нашей планете.

Среди комплекса исследований по круговороту веществ Лаборатория агрохимии Академии наук Армянской ССР коснулась и проблемы серы. Работы эти еще очень далеки от завершения и рассчитаны на многие годы. В этом первом сообщении приводятся лишь некоторые данные о содержании серы (SO_4) в атмосферных осадках на территории Советской Армении и в оросительной воде двух больших ирригационных систем. Эти данные представляют интерес для определения значимости проблемы и программы дальнейших исследований.

Для исследования атмосферных осадков на территории Армении было выбрано 19 пунктов, главным образом по двум вертикальным геоморфологическим профилям, охватывающим все зоны республики. I профиль: Араратская равнина на юге (800—1000 м над у. м.), затем на север—через Севан, Семеновку (2100 м), Дилижан, Иджеван (600—700 м над у. м.). II профиль: Араратская равнина, Кошабулаг—Амберд—Южная вершина Арагаца (3230 м)—Ленинакан. В стороне от этих главных профилей было выбрано еще семь дополнительных пунктов.

Пробы суммарных осадков за месяц были собраны, консервированы хлороформом, затем доставлены в лабораторию. SO_4 определялся трилонометрически. В табл. 2—5 и на графических изображениях приводятся эти результаты. В табл. 5, 6 и 7 показаны примеры распределения серы в осадках различных времен года, на рис. 1, 2 и 3—корреляционная зависимость содержания SO_4 от количества осадков.

Полученные данные показывают, что содержание серы в атмосферных осадках колеблется в широких пределах, причем в холодный пе-

Таблица 2

Содержание SO_4 в атмосферных осадках по профилю Арарат—Севан—Иджеван

Пункт сбора осадков	Холодный период (со среднемесячной температурой ниже 10°C)				Теплый период (выше 10°C)				За год в кг/га
	продолжительность в месяцах	количество осадков в мм	среднее содержание SO_4 в осадках в мг/л	в кг/га	продолжительность в месяцах	количество осадков в мм	среднее содержание SO_4 в осадках в мг/л	в кг/га	
Арарат	5	100,4	47,5	47,7	7	244,4	28,8	70,4	118,1
Арташат	5	102,5	—	—	7	280,7	20,4	57,3	—
Ереван	5	112,5	86,1	96,9	7	301,2	27,0	81,3	178,2
Раздан	7	554,7	53,3 (42,8)	295,7 (237,4)	5	390,1	18,0	70,2	365,9 (307,6)
Севан	7	354,0	32,1	113,6	5	362,8	14,3	51,9	165,5
Семеновка	7	476,8	29,6	141,1	5	541,5	14,5	78,5	219,7
Дилижан	6	317,3	27,0	85,7	6	536,0	14,7	78,8	164,5
Иджеван	5	160,6	33,0	53,3	7	675,0	15,9	107,4	160,7

Таблица 3

 SO_4 в атмосферных осадках по профилю Арарат—Арагац—Ленинкан

Пункт сбора осадков	Холодный период				Теплый период				За год в кг/га
	продолжительность в месяцах	количество осадков в мм	среднее содержание SO_4 в осадках в мг/л	в кг/га	продолжительность в месяцах	количество осадков в мм	среднее содержание SO_4 в осадках в мг/л	в кг/га	
Арарат	5	100,4	47,5	47,7	7	244,4	28,8	70,4	118,1
Арташат	5	102,5	—	—	7	280,7	20,4	57,3	—
Ереван	5	112,5	86,1	96,9	7	301,2	27,0	81,3	178,2
Паракар	5	138,6	46,3	64,2	7	364,5	20,3	74,0	138,2
Кошабулаг	7	710,5	29,6	210,3	5	405,8	17,5	71,0	281,3
Ленинкан	7	300,1	54,7	164,2	5	431,1	14,7	63,4	227,5

риод года осадки приносят больше сульфатов, чем в теплое время года (выше 10°C). Наиболее богаты серой осадки вблизи промышленных центров и городов, как это отмечал еще в 1913 г. П. С. Коссович.

Таблица 4

Содержание SO_4^{2-} в осадках в других пунктах

Пункт сбора осадков	Холодный период				Теплый период				За год в кг/га
	продолжительность в месяцах	количество осадков в мм	среднее содержание SO_4^{2-} в осадках в мг/л	в кг/га	продолжительность в месяцах	количество осадков в мм	среднее содержание SO_4^{2-} в осадках в мг/л	в кг/га	
Шамшадин (Берд)	5	139,6	50,2	70,1	7	542,4	21,6	117,2	187,2
Алаверди (Узунлар)	6	239,5	74,0	177,2	6	468,3	64,5	302,1	479,3
Степанаван	7	309,3	40,5	125,3	5	537,6	19,8	106,4	231,7
Кировакан	6	268,5	74,7	199,8	6	558,9	18,3	102,3	302,0
Дебеташен (Ламбалу)	4	98,2	—	—	8	506,9	36,8	186,5	—

Таблица 5

Характер ежемесячного поступления SO_4^{2-} с осадками
на примере Паракарской агростанции

Месяцы	Количество осадков в мм	SO_4^{2-} в осадках в мг/л	Количество SO_4^{2-} в кг/га
Октябрь	19,7	29,16	5,7
Ноябрь	11,4	42,14	4,8
Декабрь	32,4	42,14	13,7
Январь	19,8	50,25	10,0
Февраль	28,4	46,65	13,2
Март	46,6	46,65	21,7
Апрель	116,0	24,00	27,8
Май	108,6	18,57	20,2
Июнь	43,8	11,32	5,0
Июль	26,1	22,65	5,9
Август	47,6	16,32	7,7

Таблица 6

Динамика поступления SO_4^{2-} с осадками (ереванская обсерватория)

Время года	Количество осадков в мм	Среднее содержание SO_4^{2-} в осадках в мг/га	Поступление SO_4^{2-} с осадками в кг/га
Зима	59,3	86,1	51,1
Весна	223,3	31,4	70,1
Лето	99,8	22,5	22,5
Осень	31,3	28,3	8,9

Таблица 7

Динамика поступления SO_4 с осадками (Кошабулаг-Амберд)

Время года	Количество осадков в мм	Среднее содержание SO_4 в осадках в мг/л	Поступление SO_4 с осадками в кг/га
Осень . . .	70,0	25,15	17,6
Зима . . .	328,8	29,61	97,4
Весна . . .	531,0	18,90	100,4
Лето . . .	186,5	16,75	31,2

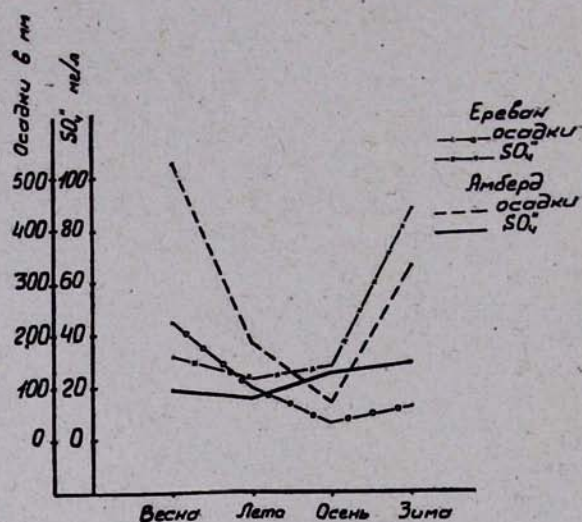


Рис. 1. Сезонное изменение концентрации SO_4 в осадках (1962—1963).

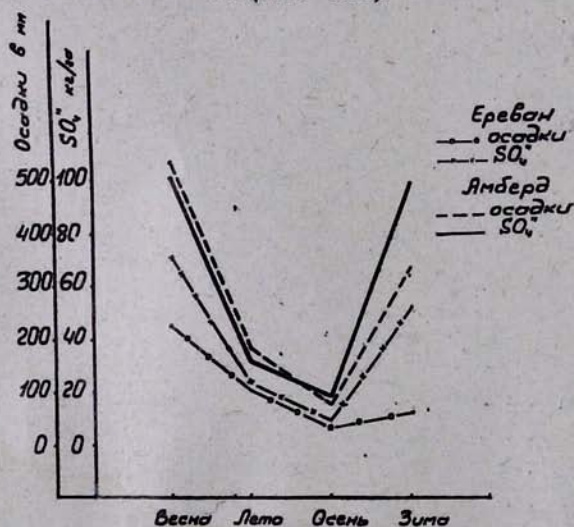


Рис. 2. Динамика поступления SO_4 с осадками (1962—1963).

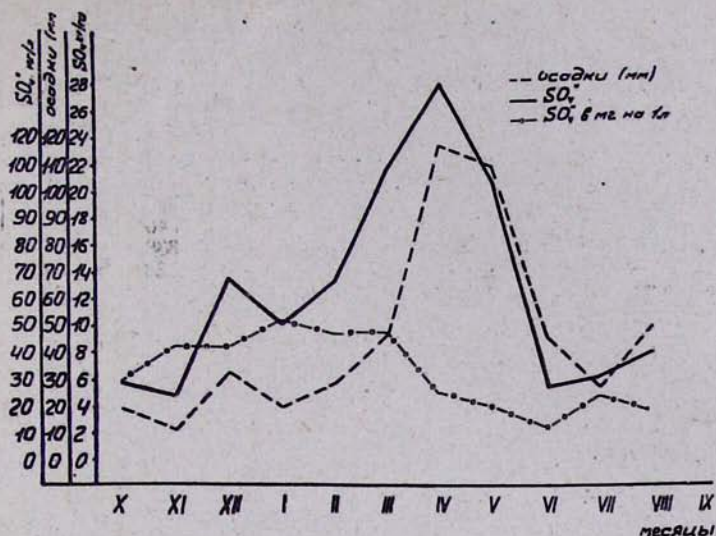


Рис. 3. Ежемесячное поступление SO_4^* с осадками на примере Паракарской агростанции.

Общее количество сульфатов, поступающих в почву с осадками, меняется не только в зависимости от количества последних, но и от концентрации SO_4^* в них.

Интерес к этим вопросам в последние годы увеличился и мы встречаем ряд новых работ как в СССР, так и за границей [12-19 и др.].

Содержание серы в оросительной воде нами изучалось в двух ирригационных системах.

Арзни-Шамирамский канал берет свое начало из реки Раздан, являющейся единственной стоковой рекой, выходящей из высокогорного озера Севан. Мы исследовали состав воды в ряде пунктов, начиная от оз. Севан и кончая шестым распределителем канала (табл. 8).

Таблица 8

Содержание SO_4^* в мг/л в водах Арзни-Шамирамского канала

Место взятия образца	1960			1961			1962				
	31/V	5/VII	9/IX	31/V	5/VII	28/IX	11/V	31/V	2/VII	30/VII	5/IX
Оз. Севан	98	84	68	106	99	123	26	43	39	47	63
Начало канала	40	91	73	46	84	117	43	24	24	47	54
Первый распределитель	39	—	65	36	78	110	50	38	48	42	72
Третий	34	73	58	—	82	119	38	41	—	37	81
Пятый	32	72	57	72	81	106	—	46	29	45	36
Шестой	39	58	52	—	—	—	38	38	48	42	76

Талинский канал берет свое начало из реки Ахурян. Она орошает каменные карбонатные почвы (табл. 9).

Содержание SO_4 в водах Талинского канала в мг/л, 1963

Место взятия образца	28/V	10/VII	13/IX
Насосная ст. на ст. Арагац	341	88	145
Левая ветка, четвертый распределитель	355	81	112
девятый	343	90	107
Правая ветка, третий	346	85	95
третий жилой участок	338	96	114
пос. Мастара	338	85	111
Эчмиадзин, совхоз им. А. Мясникяна	—	81	113

Таким образом, оросительные воды, питающие низинно-предгорную зону юга Армянской ССР, очень богаты серой. Ориентировочное поступление SO_4 (если принять умеренную норму орошения 3000 куб. м) от шестого распределителя Арзни-Шамирамского канала на каждый гектар приходится приблизительно 147 кг SO_4 или 49 кг S.

В воде Талинского канала, скажем у п. Мастара (если не считать ненормально дождливой весны 1963 г.), содержится около 98 мг, что при упомянутой норме орошения составляет на гектар около 294 кг SO_4 или 98 кг S.

Такое количество серы поступает в почву в низовьях каналов орошения на Араратской равнине и предгорных территориях и может обеспечить потребность растений при обычных урожаях. Но при высоких урожаях, в частности овощных культур, требуется больше серы и необходимо применение серусодержащих удобрений. Однако, если в относительно низменных районах Армении, куда поступают описанные выше воды и где интенсивно применяются удобрения и химикаты, содержащие серу, проблема серного удобрения не является острой, то в высоких поясах предгорных зон и в горных зонах, если планируется получение высоких урожаев, забота об обеспечении культур, наряду с азотом, фосфором, калием, также и серой приобретает большое значение.

На основании столь скромных данных мы ограничимся лишь следующими выводами самого общего характера.

1. Исследование проблемы серы незадолго отстало; следует развивать исследования круговорота серы в природе и народном хозяйстве, имея в виду определение баланса серы и повышение продуктивности растениеводства.

2. Атмосферные осадки, а затем реки и оросительные системы приносят на пахотные почвы значительные количества серы. Иногда, обычно в низовьях каналов и рек, это количество удовлетворяет требованиям получения умеренных урожаев, а иногда его недостаточно и требуется забота о серном удобрении.

3. Если современный ассортимент минеральных удобрений, обычно в виде баласта или аниона основного продукта, содержит много серы, то при переходе на комбинированные, высококонцентрированные, безбалластные удобрения следует позаботиться о включении в них серного

компонента. При этом неправильно считать полезными действующими началами в удобрениях только натрий, фосфор и калий. Пришло время включать в этот ряд и серу, а также другие питательные элементы.

20.XI 1963

Գ. Ս. ԴԱՎԹՅԱՆ, Թ. Թ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆՈՒՄ ԾԾՄԲԻ ՇՐՋԱՆԱՌՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԻ ՔԱՆԻ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ծծումբը, բույսերի համար, իր ֆիզիոլոգո-բիոքիմիական նշանակությամբ գտնվում է ազոտի, ֆոսֆորի և այլ կարևորագույն սննդարար տարրերի շարքում:

Ներկա հաղորդման մեջ բերվում են Հայաստանի տերիտորիայում տեղացող մթնոլորտային տեղումների և ոռոգման երկու սիստեմի (Արզնի—Շամիրամ և Թալին ջրանցքների) ջրերի մեջ ծծմբի քանակությունների որոշման արդյունքները՝ Հայկ. ՍՍՌ ԳԱ ագրոքիմիայի լաբորատորիայի հետազոտությունների հիման վրա:

Ընդհանուր կարգի, նախնական եզրակացությունները հետևյալն են:

1. Թե մթնոլորտային տեղումները և թե ոռոգման ջրերը ծծմբի միացությունների զգալի քանակություններ են բերում դաշտերին և նշանակալից են բույսերի սննդառության համար:

2. Ծծմբի պրորիեմի հետազոտություններն այդ բնագավառում հո են մտնում: Անհրաժեշտ է զարգացնել՝ բնության և ժողովրդական տնտեսության մեջ ծծմբի շրջանառության հետազոտությունները՝ նկատի ունենալով նրա բալանսի որոշումը բույսերի սննդառության համար:

3. Եթե հանքային պարարտանյութերի ժամանակակից ասորտիմենտը սովորաբար բալաստի կամ հիմնական նյութի անիոնի ձևով պարունակում է շատ ծծումբ, ապա կոմբինացված, բարձր խտության, առանց բալաստի պարարտանյութեր արտադրելիս անհրաժեշտ է հոգ տանել նրանց ծծմբային կոմպունենտի մասին:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Прянишников Д. Н. Избр. соч., т. III, изд. АН СССР, 1952.
2. Ратнер Е. И. Питание растений и применение удобрений, Изд-во АН СССР, М., 1955.
3. Jordan, Howard W. и др. Trans. 7 th Int. Congr. of. SS, vol 3, Comis. 4.
4. Калужский. Элементарная сера в качестве удобрения, 1929.
5. Коссович П. С. О круговороте хлора и серы на земном шаре и о значении этого процесса в природе, почве и в культуре с.-х. растений, «Сообщения из Бюро по земледелию и почвоведению», Сообщение 12, С.-Петербург, 1913.
6. То же. «Журн. опытной агрономии», 1913, 14, 181.
7. Витынь Я. Я. Количество Cl и SO_3 , поступающее в почву с атмосфер. осадками. «Журн. опытной агрономии», 1911, 12, 20.
8. Krich E. Chem. Centrbl., 1890, s. 1248 (по Коссовичу).

9. Miller N. H. I. The Journ. of agr. sci., 1905, v. 292 (по П. Коссовичу).
10. Basile, Analisi G. delle acque meteoriche caduta a Catania. „Staz. Sper. Agrar. Ital. 1895, 28, 545—574.
11. Gray G. On the dissolved matter contained in Rain—water. Proc. Austral. Assoc. Sydney, 1888.
12. Алехин О. А. Химический анализ вод суши, Л., 1954.
13. Воронков П. П. О некоторых закономерностях формирования химического состава атмосферных осадков, ДАН СССР, т. XCVIII, № 5, 1954.
14. Гиренко А. Х. Некоторые закономерности в химии вод атмосферы. Гидрохимические материалы, т. 28, 1959.
15. То же. Гидрохимический режим атмосферных осадков в Рост. обл. Там же.
16. Дроздова В. М., Петренчук О. П., Свистов П. Ф. Некоторые данные о составе облачной воды. Труды ГГО, выпуск 134, Л., 1962.
17. Бурксер Е. С., Феодорова Н. Е., Зайдис Б. Б. Атмосферные осадки и их роль в миграции химических элементов через атмосферу. Труды Киевской геофизической обсерватории, 1952, вып. 1, 49.
18. Riehm H. Die Bestimmung der Pflanzennährstoffe im Regenwasser und in der Luft unter besonderer Berücksichtigung der Stickstoffsverbindungen, „Agrochimica“, 1961, 5, № 2, 174—188.
19. Eriksson E. Composition of atmospheric precipitation. Sulfur, chlorine, iodine compounds. Tellus., 1952, 4, № 4.