Известия АН Армянской ССР, Науки о Земле, № 1—2, 1967, 101—108

Э. Н. САРДАРОВ, Г. С. ХАЧАТРЯН

К ВОПРОСУ О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО НАГОРЬЯ АРМЯНСКОЙ ССР.

Атмосферные осадки, являясь основной приходной статьей водного баланса земли, в гидрохимическом отношении представляют большой научный и практический интерес.

Придавая большое значение гидрометеорам, В. И. Вернадский (1933—1936 гг.) указывал на то, что формирование поверхностной и подземной гидросферы начинается еще в атмосфере, а «состав метеорной воды—такой-же основной констант в геохимии, как и состав океанической воды».

Исследования М. И. Усова (1940), Е. С. Бурксер и Н. Е. Федоровой (1949, 1955), Г. А. Максимовича (1953), А. Х. Гиренко (1959), А. А. Колодяжной (1961, 1963), Г. К. Габриеляна и О. А. Бозояна (1964) и других показали, что атмосферные осадки, выпавшие на земную поверхность, содержат то или иное количество минеральных солей.

Качественный и количественный гидрохимический состав гидрометеоров имеет важное значение в формировании солевого состава природных вод.

Это влияние особенно сказывается на формирование солевого состава пресных-ультрапресных вод, какими являются природные воды Центрального вулканического нагорья Армянской ССР.

Исходя из столь важного значения гидрометеоров, нами была поставлена задача изучения химизма и выявления генезиса ионно-солевого состава атмосферных осадков, выпадающих над Центральным вулканическим нагорьем Армянской ССР. С этой целью в период 1965—1966 гг. нами были собраны и проанализированы с 21 пункта нагорья (фиг. 1), 45 проб атмосферных осадков (дождь, град, снег), средний химический состав которых приведен в табл. 1.

Результаты гидрохимических анализов, представленные на сдвоенной треугольной диаграмме С. А. Дурова (фиг. 2), показывают, что в катионном составе этих вод преобладают Ca^{2+} Na^{+} и K^{+}, а в анионном HCO_3^{-}.

По химическому составу атмосферные осадки относятся, в основном, к гидрокарбонатному натриево-кальциевому типу вод с величиной общей минерализации от 20 до 17 мг/л.

Концентрация водородных ионов в атмосферных осадках указывает на слабокислую (pH=6,6—6,8), или нейтральную (pH=7—7,4) среду, обусловленную способностью гидрометеоров адсорбировать из воздуха углекислый газ, кислород и азот. Кроме основных компонентов в общей

сумме солей атмосферных осадков в малых количествах содержатся SiO_2 (2,57—11,78 мг/л), NO_2 (следы—0,02) мг/л), NO_3 (следы—3,00 мг/л), NH_4 (0,30—3,00 мг/л), HPO_4 (следы—0,09 мг/л), а спектральным ана-

Фиг. 1. Схематическая карта отбора проб атмосферных осадков

лизом выявлено повышенное содержание Fe, Mn, Al, Zn, Sr, Ba. Данные наблюдений за химическим составом гидрометеоров показали зависимость их от физико-географических условий региона. Так констатировано, что повышение минерализации гидрометеоров наблюдается в теплое полугодие, когда в воздухе содержится много пылеватых частиц, и сравнительно меньшая их минерализация отмечена зимой.

Таблица 1

Средний химический состав атмосферных осадков, выпадающих над Центральным вулканическим нагорьем Армянской ССР

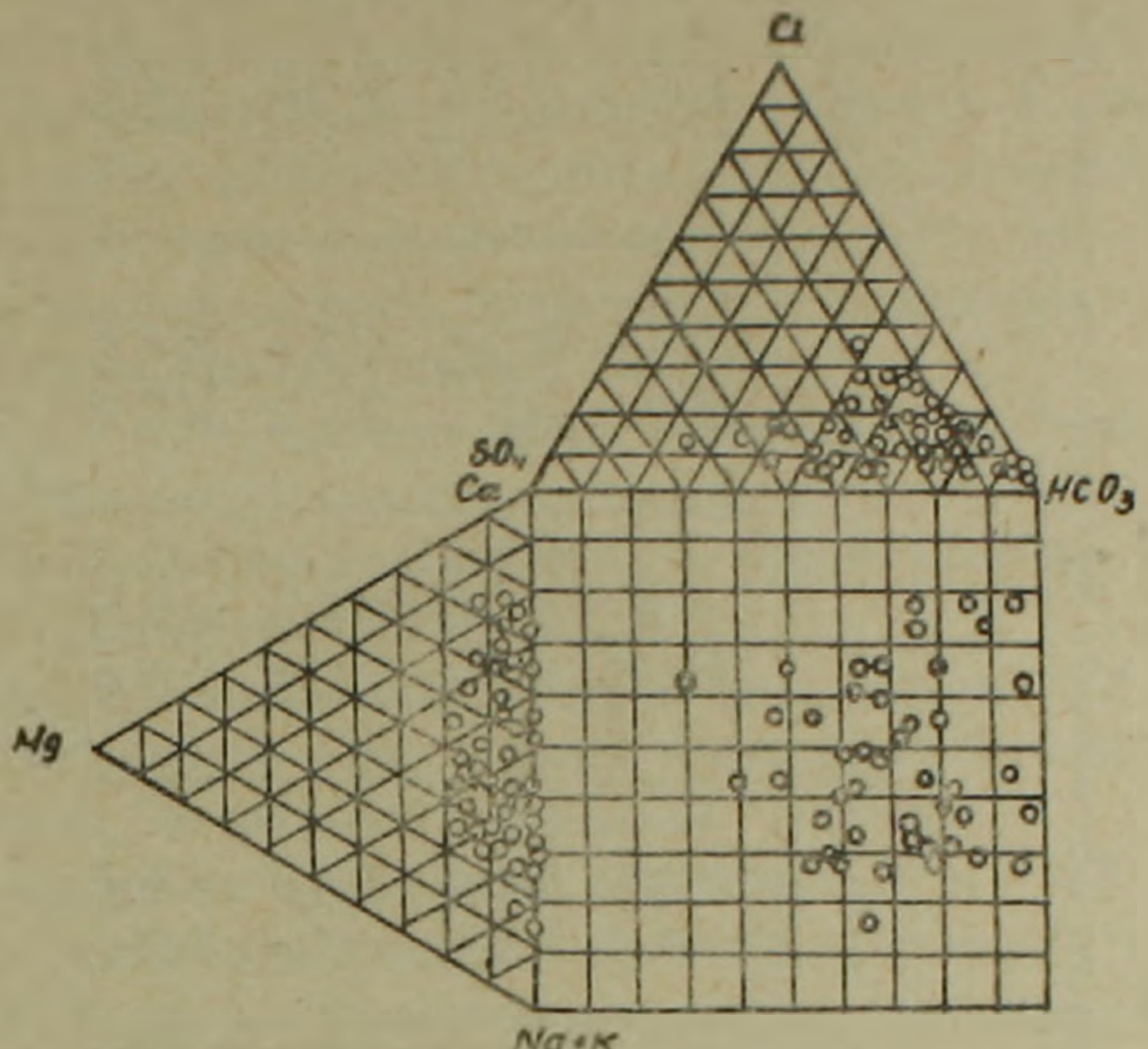
Пояс	Количество проб	pH	Ингредиенты мг/л						Сумма ионов мг/л
			$Na^+ + Mg^+$	Mg^{2+}	Ca^{2+}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	
Высокогорный (выше 2000 м)	22	6,7	4,50	0,54	4,60	25,99	3,18	2,28	41,09
Среднегорный (1200—2000 м)	20	6,7	6,32	0,99	6,91	29,45	5,84	3,88	53,39
Предгорный (менее 1200 м)	3	6,8	8,10	1,95	15,50	52,10	5,60	8,66	91,91

Большое влияние на солевой состав гидрометеоров оказывает их физическое состояние (дождь, град, снег), что иллюстрирует табл. 2.

С другой стороны изменение солевого состава гидрометеоров наблюдается и в зависимости от гипсометрического положения района.

Из всего вышеприведенного следует, что химический состав и степень минерализации атмосферных осадков формируется под влиянием местных природных факторов, которые и обусловили наличие вертикальной гидрохимической зональности.

По результатам наших наблюдений и данным других исследователей (Г. К. Габриелян, О. А. Бозоян, 1961) нами подсчитан средний химиче-



Фиг. 2. Диаграмма химического состава атмосферных осадков

Таблица 2

Химический состав атмосферных осадков, выпавших над метеостанцией Арагац в/г в 1966 г.

Атмосферные осадки	Ингредиенты мг/л						Минерализация мг/л
	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Mg^{2+}	$Na^+ + K^+$	Ca^{2-}	
Град	8,52	6,45	36,60	0,96	18,16	6,40	88,09
Дождь	9,23	5,96	36,60	не обн.	18,63	3,40	73,82
Снег	7,81	7,40	24,40	0,52	9,20	6,80	56,13

ский состав атмосферных осадков выпадающих над различными вертикальными поясами Центрального вулканического нагорья Армянской ССР (табл. 3) .

Как видно из табл. 3, соотношение отдельных ингредиентов в химическом составе атмосферных осадков всех гипсометрических поясов постоянное и схематически может быть представлено следующими рядами, составленными в порядке убывающих концентраций:

$$Ca > Na + K > Mg$$
$$HCO_3 > Cl > SO_4.$$

Формирование химического состава атмосферных осадков подразделяется на два этапа: этап конденсации паров в капельно-жидкие час-

Таблица 3

Средний химический состав атмосферных осадков по различным вертикальным поясам Центрального вулканического нагорья Армянской ССР

Пояс	Количество проб	pH	Форма выражения	Ингредиенты					
				$Na^+ + K^+$	Mg^{2+}	Ca^{2+}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-
Высокогорный (выше 2000 м)	33	6,7	мг/л	3,97	0,49	4,97	25,14	1,91	2,22
			мг/экв %	27,69	8,34	56,25	81,25	6,15	12,30
			мг/экв %	(10,91)	(2,44)	(0,47)	(0,04)	(1,27)	(12,30)
Среднегорный (1200—2000 м)	60	6,8	мг/л	4,15	0,93	7,63	32,12	2,04	2,98
			мг/экв %	35,41	10,77	61,54	81,55	6,25	12,50
			мг/экв %	(10,74)	(2,40)	(0,46)	(0,03)	(1,28)	(12,50)
Предгорный (менее 1200 м)	24	6,8	мг/л	4,89	1,86	12,68	44,05	4,87	6,29
			мг/экв %	21,44	15,30	63,26	72,44	10,21	17,35
			мг/экв %	(15,15)	(3,37)	(0,65)	(0,05)	(1,77)	(17,35)
Среднее	117		мг/л	4,25	0,99	7,91	32,60	2,58	3,44
			мг/экв %	29,03	12,38	58,59	78,86	7,64	13,50
			мг/экв %	(11,79)	(2,64)	(0,50)	(0,04)	(1,39)	(13,50)

Примечание: В скобках указана доля солей морского происхождения.

тицы с последующей их коагуляцией в более крупные капли и этап прохождения частиц через слой атмосферы до поверхности земли, в результате чего происходит вымывание солей из атмосферы. Источником ядер конденсаций, представленных в виде высокодисперсных солевых частиц, по мнению большинства исследователей, является Мировой океан. Однако не исключена возможность, что в условиях вулканического нагорья Армянской ССР, ядрами конденсаций могут быть так-же и высокодисперсные пылеватые частицы, поднимаемые с поверхности нагорья восходящими воздушными потоками.

На втором этапе формирования химического состава атмосферных осадков происходит вымывание солей дождевыми каплями из атмосферы (С. В. Доброклонский и П. Г. Вавилов, 1938; Г. А. Максимович, 1952; П. П. Воронов, 1954).

Это явление хорошо объясняет наличие отмеченной выше гидрохимической зональности атмосферных осадков, а, следовательно, и влияние различных физико-географических условий.

Источниками минерализации атмосферных осадков вулканического нагорья Армянской ССР могут быть: пыль континентального происхождения, морские соли, промышленное загрязнение атмосферы и космическая пыль.

Пыль континентального происхождения, поднятая с коры выветривания континентов в тропосферу восходящими воздушными течениями, увлекается атмосферными осадками, обогащаясь их солями.

Исследования Е. С. Бурксер (1951), Г. К. Габриеляна и О. А. Бозояна (1964) и др .показали генетическую связь пылеватых частиц с породами коры выветривания района.

Содержание солей континентального происхождения в атмосферных осадках СССР по данным Г. А. Максимовича (1953) составляет 67%, а данными С. А. Дурова и Н. Е. Федоровой (1955) оценивается в 80% и более, Мировой океан занимающий 5/8 земной поверхности представляет собой важный источник поступления в атмосферу морских солей в результате как истинного, так и «механического» испарения.

Л. К. Блинов (1950) считает возможным перенос таким путем морских солей на расстояние 1000—4000 км.

Влияние современного мирового океана на солевой состав атмосферных осадков оценивается средней величиной около 20% (С. А. Дуров, Н. Е. Федорова, 1955), которая естественно уменьшается с удалением от морского бассейна от 30% для Черноморского побережья (В. П. Зверев, 1962) до 5% для района г. Воронеж (К. Б. Жаггар, М. И. Холодова, 1961). Немаловажным источником минерализации гидрометеоров является космическая пыль, постоянно поступающая в атмосферу в результате сгорания метеоритов.

Плотность космической пыли в мировом пространстве, по данным А. Х. Хргиана (1958), составляет значительную величину. Однако отсутствие в настоящее время данных о величине ее поступления в атмос-

феру не позволяет количественно оценить ее роль в солевом составе гидрометеоров.

Влияние промышленного загрязнения атмосферы на формирование солевого состава гидрометеоров вулканического нагорья следует полагать весьма незначительным вследствие отсутствия крупных источников загрязнения. Повышенное содержание ионов SO_4 и Mg в четырех пробах атмосферных осадков, отобранных в районе метеостанций Апаран и Раздан, объясняется участием рассматриваемого фактора в формировании солевого состава гидрометеоров.

Для определения доли морских солей в атмосферных осадках нагорья мы воспользовались методикой, предложенной С. А. Дуровым и Н. Е. Федоровой (1955), которые считают, что весь хлор в атмосферных осадках имеет морское происхождение, а долю других компонентов морского происхождения вычисляют пропорционально соотношению содержания их и хлора в воде современного океана (табл. 3).

Содержание солей морского происхождения (хлориды) в атмосферных осадках нагорья, как видно из табл. 3, уменьшается с высотой местности: от 19% (в предгорной зоне) до 13,6% (в высокогорной) и в среднем по вулканическому нагорью составляет около 15% всех солей атмосферных осадков.

Соли, образовывающиеся исключительно в континентальных условиях (бикарбонаты, сульфаты), составляют основную массу.

Таким образом, главная солевая масса атмосферных осадков, в условиях Центрального вулканического нагорья Армянской ССР, имеет в основном эолово-терригенное происхождение.

По нашим подсчетам на 1 км² земной поверхности Центрального вулканического нагорья Армянской ССР ежегодно вместе с атмосферными осадками поступает следующее количество солей:

$NaCl$ от 2,5 до 3,9 т; Na_2SO_4 от 0,8 до 1,9 т;
$CaSO_4$ от 1,2 до 1,7 т; $Ca(HCO_3)_2$ от 14,1 до 16,9 т;
$Mg(HCO_3)_2$ от 2,0 до 4,0 т.

Аналогичные данные получены Г. К. Габриеляном и О. А. Бозояном ранее (1964).

Количество отдельных компонентов, выпадающих с атмосферными осадками на единицу площади нагорья в различных ее гипсометрических поясах, предоставлено в табл. 4.

Наблюдаемое повышенное поступление солей в высокогорном поясе нагорья, при столь малой величине минерализации атмосферных осадков, объясняется большим количеством осадков, выпадающих над его территорией.

Из всего вышеизложенного следует:

1. Атмосферные осадки, являясь основным источником питания природных вод вулканического нагорья, представляют собой важный генезальный фактор формирования их солевого состава.

2. Формирование химического состава атмосферных осадков проис-

Таблица 4

Годовое поступление растворимых солей (в ионной форме) с атмосферными осадками на 1 км² земной поверхности Центрального вулканического нагорья Армянской ССР

Пояс	Среднее количество осадков за год мм]	Ингредиенты т/км²							Итого т/км
		$Na^+ + K^+$	Mg^{2+}	Ca^{2+}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	SiO_2	
Высокогорный	696	2,76	0,34	3,46	17,50	1,33	1,54	1,79	28,72
Среднегорный	490	2,03	0,46	3,74	15,74	1,00	1,45	3,28	27,70
Предгорный	368	1,80	0,68	4,67	16,21	1,79	2,31	4,33	31,79

ходит под влиянием местных природных факторов, которыми и обуславливается наличие в составе осадков вертикальной гидрохимической зональности.

3. Проведенные расчеты показали, что основная масса солевого состава атмосферных осадков формируется за счет континентальной пыли и аэрозолей, поднимающихся с поверхности нагорья.

4. Вместе с атмосферными осадками на 1 км² поверхности Центрального вулканического нагорья Армянской ССР выпадает 27,7—31,7 т/км² растворенных солей, которые обогащают почвы и природные воды нагорья.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР
Ереванский государственный университет

Поступила 7.XII.1966.

Է. Ի. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Հ. Ս. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԿԵՆՏՐՈՆԱԿԱՆ ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ ԲԱՐՁՐԱՎԱՆԴԱԿԻ ՄԹՆՈԼՈՐՏԱՅԻՆ ՏԵՂՈՒՄՆԵՐԻ ՔԻՄԻԱԿԱՆ ԲԱՂԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՐՑԻ ՇՈՒՐՋԸ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Մթնոլորտային տեղումները, հանդիսանալով երկրի ջրային հաշվեկշռի հիմնական բաղադրիչը, մեծ դեր են կատարում բնական ջրերի մեջ աղերի ձևավորման գործում։

Հայկական ՍՍՀ կենտրոնական հրաբխային բարձրավանդակի մթնոլորտային տեղումների քիմիական կազմի և նրանց իոնա-աղային բաղադրության ուսումնասիրման նպատակով 1965—66 թթ. ընթացքում մեր կողմից ուսումնասիրվել է տեղումների (ձյան, անձրևի և կարկտի) 45 նմուշ՝ հավաքված բարձրավանդակի 21 կետերից (գծ. 1)։

Հիդրոքիմիական անալիզների արդյունքները ցույց են տալիս, որ մթնոլորտային տեղումները պատկանում են ջրերի հիդրոկարբոնատ-նատրիում-կալցիումային և հիդրոկարբոնատ-տուլֆատ-նատրիումային հիդրոքիմիական տիպերին, որոնց ընդհանուր մինեռալիզացիան կազմում է 20—170 մգ/լիտրս։

Դիտումները և անալիզները ցույց են տալիս, որ մթնոլորտային տեղումների քիմիական բաղադրությունը կախված է տվյալ վայրի ֆիզիկա-աշխար-

հարրական պայմաններից և տեղումների ֆիզիկական վիճակից (աղյուսակ 2)։

Այստեղից երևում է, թե ինչ կարևոր դեր են կատարում տեղական բնական պայմանները մթնոլորտային տեղումների քիմիական կազմի ձևավորման և ուղերով հարստանալու գործում։

Մթնոլորտային տեղումների միներալիզացիայի հիմնական աղբյուրներն են՝ ցամաքային ծագում ունեցող փոշին, ծովային աղերը, լրամիկական և արդյունաբերական ձեռնարկություններից մթնոլորտ անցած փոշին։

Մթնոլորտային տեղումների միներալիզացիայի գործում ծովային աղերի դերը (ըստ Ս. Ա. Դուրովի և Ն. Ե. Ֆեոդորովայի 1955 թ. առաջարկած մեթոդի) նկատելի է 3-րդ աղյուսակից։

Մենք գտնում ենք, որ մթնոլորտային տեղումների մեջ աղային կազմի հիմնական գանգվածը ձևավորվում է ի հաշիվ ցամաքային ծագում ունեցող փոշու և մոխրի, որոնք բարձրանում են նշված բարձրավանդակի մակերևույթից։

Հաշված է բարձրավանդակի միավոր մակերեսի վրա մթնոլորտային տեղումների հետ թափվող տարբեր բաղադրիչների քանակն ըստ ուղղաձիգ զոտիականության (աղյուսակ 4)։

Հայկական ՍՍՀ կենտրոնական հրաբխային բարձրավանդակի յուրաքանչյուր 1 կմ² վրա տեղումների հետ թափվում են միջին հաշվով 27,7—31,8 տոննա լուծված աղեր, որոնք, բնականաբար, կարևոր դեր են կատարում հողի և բնական ջրերի մեջ աղերի բաղադրության կազմավորման գործում։

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бурксер Е. С., Федорова Н. Е.* Опыт исследования химического состава атмосферных вод. Гидрохимические материалы, т. 16, 1949.
2. *Вернадский В. И.* История природных вод, ч. I, вып. 3, 1936.
3. *Воронов П. П.* О некоторых закономерностях формирования химического состава атмосферных осадков. ДАН СССР, т. XCVIII, № 5, 1954.
4. *Габриелян Г. К., Бозоян О. А.* О химическом составе атмосферных осадков Вулканического нагорья Армянской ССР. Вестник МГУ, сер. геогр., 1964.
5. *Дуров С. А., Федорова Н. Е.* Источники ионно-солевого состава атмосферных осадков СССР. ДАН СССР, т. 103, № 4, 1955.
6. *Колодяжная А. А.* Атмосферные осадки, как источник поступления воднорастворимых солей на сушу. Тр. ЛГГП им. Ф. П. Саваренского, т. 36, 1961.
7. *Максимович Г. А.* О роли атмосферных осадков в переносе растворенных веществ. ДАН СССР, т. XCII, № 2, 1953.