

ТРАНСФОРМАЦИЯ СОСТАВА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ ПОЛОГОМ КОЛХИДСКОГО ЛЕСА

В.В.Смакин, А.Е.Андреева, А.А.Присяжная

Институт почвоведения и фотосинтеза АН СССР, Пушкино

При почвенно-биогеоценологических исследованиях важно выяснить самые различные аспекты влияния растительности на почву, в частности, на состав ее жидкой фазы, почвенно-поглощающий комплекс. Взаимодействие это многопланово и связано как с изменением микроклимата, гидрологии, так и с потоками различных веществ. Последние могут быть схематично разбиты на несколько составляющих (рисунок).

Для реликтовых колхидских лесов, в которых продолжительность жизни лесобразующих пород деревьев достигает сотен и даже тысяч лет, а годовое количество осадков более чем значительно (1240-1660 мм), такие прижизненные потоки, как поступление



Рис. Схема поступления веществ из растений в почву

Т а б л и ц а 1

Задержка атмосферных осадков кронами различных деревьев
(по данным 1988 г.)

Дата осадков	Объем осадков, мм	Интерцепция, %		
		самшитник	тисняк	грабо-дубняк
21 марта	47	48	18	14
24 мая	24	54	60	7
30 июня	1,2	100	100	100
1 июля	14	36	67	15
7 июля	8,8	41	83	29
8 июля	3,6	90	91	14
12 октября	52	34	53	28
Среднее	22	58 [±] 27	67 [±] 28	30 [±] 32
C _v , %	95	47	42	107

веществ в почву со смывами атмосферными осадками с надземных частей растений и опада приобретают еще большую роль в биогенном круговороте химических элементов по сравнению с поступлением веществ с посмертными остатками.

Задача настоящего сообщения - количественно оценить поступление в почву ряда химических элементов с атмосферными осадками, трансформированными пологом древесных пород, с тем чтобы в дальнейшем сравнить эти процессы с особенностями современных почвенных процессов в различных фитоценозах Тисо-самшитовой рощи Кавказского государственного биосферного заповедника.

Осадкосборники (покрытые капроновой сеткой пластмассовые кюветы размером 25x25 см) были установлены наклонно (10-15° - для стока в одном из углов кюветы) на металлических платформах высотой 1,5 м от поверхности почвы на опытных площадках, описание которых приводится в работе /1/. В каждом из сообществ (самшитник широколиственный, тисняк лавровишневый, грабо-дубняк эпимедиевый) на период измерений размещалось по 7 осадкосборников как под кронами деревьев, так и на открытых пространствах (полянах). Осадки свободно стекали по силиконовым шлангам в полиэтиленовые сосуды емкостью 1 л.

В дальнейшем осадки анализировали общепринятыми методами: pH, NO₃⁻ - ионометрически; Ca²⁺, Mg²⁺ - комплексометрически; K⁺, Na⁺ - на пламенном фотометре; Cl⁻ - аргентометрически; SO₄²⁻ - нефелометрически; SiO₂ - колориметрически; "C" - по бихроматной окисляемости.

Анализируя результаты, необходимо прежде всего остановиться на задержке части осадков кронами деревьев (interception - интерцепция). Данные табл. 1 показывают, что сообщества с пре-

Средний ионный состав осадков под различными ассоциациями

Объект исследования	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
		мг·экв/л			
Самшитник	6,0±0,2*	0,68±0,35	0,14±0,06	0,13±0,08	0,04±0,02
Тисяк	5,6±0,4	0,52±0,30	0,27±0,12	0,29±0,26	0,05±0,01
Грабо-дубняк	6,0±0,4	0,47±0,34	0,13±0,10	0,10±0,08	0,05±0,02
Поляны	6,0±0,2	0,26±0,17	0,12±0,08	0,02±0,01	0,03±0,01

*Здесь и в других таблицах указаны среднеквадратичные

обладанием вечнозеленых пропускают через полог в среднем меньше половины атмосферных осадков. Лидером при этом является тисяк лавровишневый, имеющий высокую полноту насаждения /4/, развитый подлесок и древесной высотой 20-25 м (средняя задержка 67%). Сообщества с преобладанием летнезеленых пород (грабо-дубняк эпимедиевый) задерживают в среднем третью часть осадков. Для этого же сообщества характерна высокая переменность интерцепции в течение вегетационного периода (коэффициент вариации - C_v - в течение года более чем вдвое превышает таковую в самшитнике и тисяке).

Следует заметить, что наблюдаемые величины интерцепции в исследуемых сообществах очень высоки по сравнению с другими лесами. Так, по результатам работ, в различных лесах США проводится величина интерцепции - 10-35% /24/; для лиственных пород в лесах ФРГ интерцепция составляет 26-28%, для хвойных - 33-37% /7/; в Кишкуншагском национальном парке (ВНР) среднегодовая интерцепция под можжевельником оценивается в 36%, под тополем серебристым - 32% /23/. Такое отличие исследованных биогеоценозов в колхидском лесу по всей видимости обусловлено не только климатическими особенностями, но прежде всего высокой полнотой насаждения и бонитетом этого заповедного леса.

По имеющимся данным (см. табл. 1) предельная величина задержания атмосферных осадков может быть в среднем оценена для самшитника и тисяка - в 20-21 мм, для грабо-дубняка - в 11 мм.

Трансформация состава атмосферных осадков кронами деревьев зависит от многих факторов: интенсивности и частоты осадков, сезона, вида сообщества и др. Средневзвешенные данные, полу-

(по данным 1988 г.)

Т а б л и ц а 2

HCO_3^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	SiO_2	C
				мг/л	
$0,10 \pm 0,08$	$0,27 \pm 0,05$	$0,12 \pm 0,20$	0,18	1,23	14,4
$0,09 \pm 0,09$	$0,38 \pm 0,16$	$0,08 \pm 0,09$	0,11	3,34	23,0
$0,09 \pm 0,09$	$0,27 \pm 0,08$	$0,11 \pm 0,11$	0,12	2,20	17,5
$0,09 \pm 0,08$	$0,26 \pm 0,07$	$0,07 \pm 0,07$	0,09	0,93	11,2

отклонения (σ_{n-1}).

ченные по отдельным дождям за период с марта по октябрь 1988 г. (табл. 2), показывают, что состав осадков под различными ассоциациями и на полянах существенно различен. Практически по всем изученным компонентам (кроме ионов HCO_3^-) отмечено увеличение концентрации осадков при прохождении через кроны деревьев. Причинами такого изменения могут быть различные процессы: 1) дополнительное вымывание (выщелачивание) веществ из листьев и веток древесных пород; 2) поглощение веществ из атмосферных осадков (в том числе и воды), листьями; 3) смыв с частичным растворением пыли, попавшей на поверхность листьев и веток деревьев за предшествующий данному дождю период времени; 4) концентрирование осадков в результате испарения воды с поверхности листьев.

Как свидетельствует анализ атмосферных осадков, собранных на полянах *, соседство с Черным морем является одним из важных факторов, воздействующих на их состав; отмечается повышенное содержание ионов Cl^- , Mg^{2+} , Ca^{2+} , SO_4^{2-} . Однако здесь очевидно и влияние других факторов, о чем свидетельствует повышенное содержание нитратов и очень низкая (по сравнению с Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+}) концентрация Na^+ ; кроме того, соотношение рассматриваемых ионов в атмосферных осадках и морской воде совершенно иное.

*Конечно, это относительный контроль, поскольку собранные на поляне атмосферные осадки также могут частично подвергаться воздействию окружающих лесных массивов /5/.

Таблица 3

Среднегодовые поступления элементов в растворимых формах с просачивающимися сквозь полог древесных пород осадками, кг/га (по данным 1988 г. без учета поступления со стоком по стволам деревьев)

Объект исследования	Ca	Mg	K	Na	Cl	S-SO ₄	N-NO ₃
Самшитник	83	10	31	6	58	17	10
Тисяк	50	16	54	5	64	8	5
Грабо-дубняк	95	16	40	12	97	19	16
Поляна	75	21	11	10	134	21	14

Из других факторов естественно обратить внимание прежде всего на антропогенные: влияние местной промышленности и интенсивного дорожного движения вдоль морского побережья, в результате которых в воздухе увеличивается концентрация окислов азота и серы, пыли, а в атмосферных осадках повышается концентрация ионов Ca²⁺, SO₄²⁻, NO₃⁻. Следует при этом заметить, что, по всей вероятности, вклад местной промышленности в загрязнение атмосферных осадков не очень велик и потому кислотность дождей составляет небольшие величины: pH отдельных выпадений колеблется в основном от 5,8 до 6,5. Для сравнения - над территорией ФРГ годовой диапазон pH атмосферных выпадений составляет 3,8-4,5 /8/.

Чтобы проследить особенность поведения различных ионов в атмосферных осадках при прохождении их через кроны деревьев обратимся к результатам табл. 3, где ориентировочно рассчитаны поступления некоторых химических элементов в почву с трансформированными пологом лесной растительности атмосферными осадками с учетом интерцепции (согласно табл. 1) и того факта, что годовое количество осадков на исследуемой территории составляет примерно 1450 мм. Для сравнения в табл. 4 приводятся данные о поступлении веществ с атмосферными осадками, для других регионов и типов леса, составленные с дополнениями на основе обобщения, проведенного в работе /21/.

Реакция атмосферных осадков, преимущественно слабокислая в исследуемом регионе (pH 6,0 при коэффициенте вариации - 3,3%), существенно изменяется только под пологом тисняка лавровишневого (подкисляется в среднем на 0,4 единицы pH). Механизм подкисления может заключаться как в выщелачивании из листьев органических кислых соединений (количество растворимого углерода в осадках под тисняком наибольшее), так и в компенсационном выделении листьями тиса ионов водорода в результате возможного поглощения листьями ионов Ca²⁺ и Mg²⁺.

Таблица 4

Поступление водорастворимых веществ с осадками в различных регионах (а - исходные атмосферные осадки; б - поступление с осадками, трансформированными пологом растительности; в - поступление со стоком по стволам деревьев)

Лесообразующая порода дерева	Место	Период измерений	Осадки, мм	Поступление водорастворимых веществ с осадками, кг/га							Литературный источник	
				К	Ca	Mg	Na	SO ₄	Cl	N		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ель (Picea abies)	СССР, Сибирская тайга	13.6-12.9	273	а	5,1	6,6	1,6	-	-	-	1,0	/3/
				б	9,5	6,5	2,4	-	-	-	0,9	
Ель	США, Вашингтон	за год	1360	а	0,8	2,8	-	-	-	-	1,1	/12/
				б	10,7	3,5	-	-	-	1,5		
				в	1,6	1,1	-	-	-	0,2		
Ель	СССР, Карелия	за 1964		а	0,8	2,3	0,9	-	-	-	-	/2/
				б	3,7	4,6	1,2	-	-	-	-	
Ель (Picea abies)	Швеция	за год	950	а	1,9	3,5	0,9	5,6	7,9	11,1	8,2	/16/
				б	22,6	14,7	5,3	22,6	42,0	46,3	21,5	
				в	4,5	2,7	0,9	3,6	12,0	8,6	2,6	
Ель	СССР, Московская обл.	25.04-24.10 1978		а	4,4	12,7	4,5	3,9	6,3	27,9	-	/5/
				б	9,9	14,7	4,1	2,7	10,7	22,2	-	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ель	ФРГ (Rain- hardswald)	1982-1983 (среднее за год)		a	-	-	-	20,1	35,7	8,8*	/9/	
				б	-	-	-	87,2	84,6	19,8*		
Ель	ФРГ (Witzen- hausen)	10.1983- 9.1984		a	3,7	6,0	1,4	6,0	16,7	13,5	6,5*	/9/
				б	20,7	19,8	4,0	11,2	57,6	28,2	14,7*	
Сосна (Pinus silves- tris)	СССР, Сибирская тайга	13.6-12.9	273	a	5,1	6,6	1,6	-	-	-	1,0	/3/
				б	7,0	8,4	1,6	-	-	-	3,3	
Сосна (Pinus halepen- sis)	Ю.Франция, Grabels	за год	601	a	3,8	10,2	1,7	19,1	-	-	14,6	/18/
				б	12,8	21,7	4,4	39,6	-	-	15,7	
Сосна	СССР, Московская обл.	25.04- 24.10 1978		a	4,4	12,7	4,5	3,9	6,3	27,5	-	/5/
				б	6,6	15,3	4,9	3,1	10,4	23,5	-	
Береза	СССР, Карелия	1964		a	0,8	2,3	0,9	-	-	-	-	/2/
				б	2,4	4,9	1,8	-	-	-	-	
Береза	СССР, Московская обл.	25.04- 24.10 1978		a	4,4	12,7	4,5	3,9	6,3	27,9	-	/5/
				б	8,3	15,0	4,5	3,4	10,9	25,2	-	

Дуб (<i>Quercus petraea</i>)	Англия	за год	1617	а	3,0	7,3	4,6	35,3	-	-	9,5	/10, 11/
				б	28,1	18,2	9,4	55,5	-	-	8,8	
				в	1,6	2,0	0,7	5,9	-	-	0,1	
Дуб	Бельгия	за год	865	а	5,0	19,3	-	25,4	-	-	8,0*	/14/
				б	20,7	23,0	-	22,6	-	-	9,2*	
				в	1,7	3,4	-	2,8	-	-	0,7*	
Дуб (<i>Quercus ilex</i>)	Ю.Франция (Made- leine)	за год	477	а	3,1	14,7	2,1	22,9	-	-	14,3	/18/
				б	40,7	37,9	6,9	42,9	-	-	23,9	
Дуб (<i>Quercus ilex</i>)	Ю.Франция (Rouquet)	за год	622	а	2,0	10,5	1,5	22,6	-	-	14,6	/18/
				б	21,3	26,3	2,7	34,1	-	-	14,2	
Дуб (<i>Qu. lanu- ginosa</i>)	Ю.Франция (Gabriac)	за год	709	а	3,8	11,7	1,0	13,4	-	-	12,4	/18/
				б	16,5	13,3	3,4	22,7	-	-	16,5	
Дуб (<i>Qu. petraea</i>)	Венгрия	27.2-4.12	595	а	7,4	17,4	2,3	1,5	17,8	12,6	20,1	/21/
				б	27,0	23,3	4,6	1,8	46,1	12,9	17,3	
				в	1,8	2,3	0,3	0,1	5,3	0,6	0,8	
Дуб	СССР, Моск. обл.	25.04- 24.10 1978		а	4,4	12,7	4,5	3,9	6,3	27,9	-	/5/
				б	6,1	11,0	3,1	2,3	6,8	21,0	-	
Бук	Новая Зе- ландия	за год	1335	а	5,8	6,4	9,9	55,2	7,4	102	2,1	/15/
				б	27,3	11,8	11,8	65,0	9,2	140	2,5	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Бук (<i>Fagus silvatica</i>)	Швеция	за год	950 а б в	1,9 9,9 3,2	3,5 9,0 1,1	0,9 3,0 0,4	5,6 13,7 2,0	7,9 14,9 3,6	11,1 31,2 4,3	8,2 8,5 0,4	/16/
Эвкалипт (<i>Eucalyptus obliqua</i>)	Австралия	за год	979 а б	1,8 3,4	2,2 8,8	5,1 7,3	17,3 25,4	- -	- -	- -	/6/

*Только азот нитратов. Отсутствие цифр в графе означает отсутствие данных в источнике

Кальций – преобладающий катион в атмосферных осадках региона; его поступление с исходными атмосферными осадками составляет около 75 кг/га·год. Это намного больше, чем наблюдали другие исследователи – 3,5–37,9 кг/га·год (см. табл. 4). Возможной причиной столь большого содержания кальция в осадках является пыль (в том числе и антропогенного происхождения), содержащая в своем составе карбонаты кальция и магния (местные горные породы сложены карбонатными породами).

Аналогичное явление наблюдали на известковых склонах Западной Малайзии, где ливневые дожди поглощали из атмосферы и выщелачивали из полога леса в среднем 104 кг/га·год кальция и 68 кг/га магния /13/; существенную роль при этом автор отводит пыли от имеющихся в упомянутом районе каменоломен.

Возможно, что пыль также подщелачивает в какой-то степени атмосферные выпадения над Тисо-самшитовой рошей, в результате чего величина pH близка к нейтральной ($6,0 \pm 0,2$).

Весьма интересным является также то обстоятельство, что в тисняке под кронами деревьев кальция выпадает с осадками меньше, чем на полянах. Столь большая разница (25 кг/га·год) свидетельствует о возможном поглощении листьями вечнозеленых пород ионов кальция из атмосферных осадков.

Магний также содержится в исходных атмосферных осадках в значительных количествах; его поступление на открытых пространствах составляет 21 кг/га·год. Из литературных данных ближе всего к этой величине поступление магния в лесах Новой Зеландии, в которых, по-видимому, также сильно влияние моря. Соотношение Са:Mg в исходных осадках в изучаемом районе 3,6:1 /21/, над Новой Зеландией - 0,65:1 /15/, а в морской воде - 0,32:1.

Сравнение выпадения магния под кронами деревьев и на полянах также свидетельствует о возможном его поглощении кронами деревьев.

Калий поступает с осадками в исследуемом районе примерно в таких же количествах, что и в других регионах. Но вымывание его из кроны деревьев происходит в больших масштабах. Особенно много калия поступает в почву в тисняке лавровишневом (примерно 54 кг/га·год); далее следует грабо-дубняк (40 кг/га·год) и самшитник (31 кг/га·год).

Натрий в атмосферных осадках содержится в небольших количествах. Его поступление в почву как под кронами деревьев, так и на полянах отличается незначительно. В абсолютных величинах натрия поступает с осадками несколько больше, чем в Центральной Европе (1,5 кг/га) и намного меньше, чем, например, в Новой Зеландии (55,2 кг/га·год).

Хлор - преобладающий анион в составе атмосферных осадков (годовое поступление на полянах - 134 кг/га). Его происхождение обусловлено близостью моря (для сравнения - в лесах Новой Зеландии с осадками выпадает хлора практически столько же - 102,5-140 кг/га). Баланс по хлору также показывает, что часть его задерживается листьями при прохождении осадков через кроны деревьев (особенно заметно в вечнозеленых сообществах).

Серы сульфатов с атмосферными осадками в исследуемом районе поступает примерно столько же (21 кг/га), как, например, в Центральной Европе - 18-20 кг/га·год /9,21/. Учитывая приведенное выше предположение о меньшем промышленном загрязнении исследуемой территории по сравнению с последней, достаточно высокое содержание сульфатов в осадках здесь можно объяснить лишь воздействием моря.

Для сульфатов также отмечено некоторое поглощение из осадков кронами деревьев в вечнозеленых сообществах. Это явление поглощения растительностью соединений серы из осадков уже отмечалось рядом исследователей /17, 25/.

Азот нитратов поступил с осадками в 1988 г. в исследуемой зоне в количестве (14 кг/га), намного превышающем данные по картограмме для Северного Кавказа (1-0,5 кг/га·год), приведенной в работе /19/. Наши результаты сравнимы с данными, приводимыми по поступлению общего азота /18, 21/. Многие исследователи обращают внимание на то обстоятельство, что иногда количество общего азота, поступающего с осадками под кронами деревь-

ев, бывает меньше, чем на открытых местах, и подкروновые осадки не обогащаются азотом, а обедняются /11, 16, 22 и др./ . Такое происходит главным образом благодаря поглощению нитратов атмосферных осадков поверхностью листьев /20/. По нашим данным в наибольшей степени нитраты атмосферных осадков поглощаются в тисняке лавровишневом, несколько меньше - в самшитнике.

Выводы

1. Исследованные биогеоценозы в лесу колхидского типа отличаются высокой величиной задержки атмосферных осадков; среднегодовая интерцепция в 1988 г. составила для тисняка лавровишневого - 67%, самшитника широколиственного - 58%, грабо-дубняка эпимедицевого - 30%.

2. При прохождении через полог лесной растительности концентрация атмосферных осадков увеличивается практически по всем исследованным компонентам (исключение - бикарбонаты), в наибольшей степени это увеличение имеет место для калия (в 5-14 раз для различных биогеоценозов).

3. Значительная часть компонентов атмосферных осадков перехватывается растительностью при их прохождении через кроны деревьев, наибольшее поглощение отмечено для ионов Mg^{2+} , SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , Ca^{2+} .

4. По степени трансформации состава атмосферных осадков исследованные сообщества можно расположить в ряд: тисняк лавровишневый > самшитник широколиственный > грабо-дубняк эпимедицевого. При этом только лишь тисняк достоверно изменяет величину pH осадков (уменьшает в среднем на 0,4 единицы).

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреева А.Е., Снакин В.В., Тюрюканов А.Н. Временная изменчивость физико-химических свойств почв субтропических лесов колхидского типа // В настоящем сборнике. С. 17-33.

2. Куликова В.К. Выщелачивание элементов питания из кроны деревьев в еловых и березово-еловых насаждениях Карелии // Лес и почва. - Красноярск: Красноярск. кн. изд-во, 1968. - С. 288-295.

3. Мина В.Н. Выщелачивание некоторых веществ атмосферными осадками из древесных растений и его значение в биологическом круговороте // Почвоведение. 1965. № 6. - С. 7-17.

4. Семагина Р.Н. Растительность колхидских субтропических лесов сочинского побережья Кавказа // В настоящем сборнике. - С. 33-45.

5. Учватов В.П., Глазовский Н.Ф. Эколого-геохимические и природоохранные аспекты трансформации природных вод в лесных экосистемах // Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей. Ч. 2. - Таллинн, 1982. С. 137-162.

6. Attiwill P.M. The chemical composition of rain-water in relation to cycling of nutrients in mature Eucalyptus forest//Plant and Soil. - 1966. - V. 24. P. 390-446.

7. Balazs A. Ein K usalanalytischer Beitrag zur quantifizierung des Bestands - und Nettoniederschlags von Waldbeständen. Verlag Beiträge zur Hydrologie. - Kirchzarten. 1983. - 180 S.

8. Balazs A., Hanewald K. Räumliche und Jahreszeitliche Variation der Niederschlagsdeposition anorganischer Stoffe im Freiland und in Fichtenbeständen//Ergebnisse an dem Hessischen Untersuchungsprogramm, Waldbelastungen durch immisionen (WDI). Sonderdruck. Gesellschaft für Strahlen - und Umweltforschung. - München, 1986. - 17S.

9. Brechtel H.M., Baláz A., Lehnardt F. Precipitation in put of inorganic chemicals in the open Field an in Forest stands. Result of Investigations in the state of Hesse//Atmospheri Pollutants in forest Areas, H-W, Georgü(ed). 1986 by D.Reidel Pullishing Company. - P. 47-67.

10. Carlisle A., Brown A.N.F., White E.I. The organic matter and nutrient elements in the precipitation beneath a sessile oak canopy//J. Ecology. - 1966. - V. 54. - P. 87-98.

11. Carlisle A., Brown A.N.F., White E.I. The nutrient content of tree stemflow and ground flora litter and leachates in a sessile oak (Quercus petraea) woodland//J. Ecology. - 1967. - V. 55. - P. 615-627.

12. Cole D.W., Gessel S.P., Dice S.F. Distribution and cycling of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium in the secondgrowth Douglas-fir ecosystem//Symposium on primary productivity and mineral cycling in natural ecosystems / H.E.Young. Univ. Maine Press. - 1967. - P. 197-232.

13. Crowthe J. Ecological observations in tropical karst terrain, West Malaysia. II. Rainfall interception, litterfall and nutrient cycling//J.Biogeogr. - 1987. - V. 14. - No 2. - P. 145-155.

14. Denaeyer - De Smet, S. Apports d'elements minéraux par les eaux de précipitations, d'égouttement sous couvert forestier et d'écoulement le long des frones (1965, 1966, 1967)//Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. - 1969. - V. 102, - P. 355-372.

15. Miller R.B. Plant nutrition in hard beech. III. The cycle of nutrients. M.Z.J. Sci. - 1963.-V. 6, No 3. - P. 388-413.

16. Nihlgård B. Precipitation, its chemical composition and effect on soil water in a beech and a spruce forest in South Sweden. - *Oikos*, 1970, - V. 21. - P. 208-217.

17. Olsen R.A. Adsorption of sulphur-dioxide from the atmosphere by cotton plants.//*Soil Sci.* - 1957. - V. 84. - P. 107-111.

18. Rapp M. Apport d'éléments minéraux au sol par les eaux de pluviollessivage sous des peuplements de *Quereus ilexx* L., *Quereus lanuginosa* Lamk. et *Pinus halepensis* Mill.//*Ecol. Plan.* - 1969. - V. 4. - P. 71-91.

19. Söderlund R. Dry and wet Deposition of nitrogen compounds//*Terrestrial Nitrogen Cycles*/Clark F.E., Rosswall T.//*Ecol. Bull.* (Stockholm), - 1981. - V. 33. - P. 123-130.

20. Sterlid G. Salt losses and redistribution of salts in higher plants//*Encyclopedia of Plant Physiology IV. Mineral Nutrition of Plants*/W.Ruhland, Springer-Verlag Berlin - Gröttingen - Heidelberg. 1958. - P.615-637.

21. Szabo M. Nutrient content of Throughfall and Stemflow water in an oak-forest (*quercetum petraeae-cerris*) ecosystem//*Acta Agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae. Tomus 26* (3-4). - 1977. - 241-258.

22. Szabo M., Csontos Cs. A study of the nutrient content of canopy throughfall in an oak Forest measured for one year//*Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae, Tomus 21*(3-4). - 1975. - P. 419-432.

23. Szabo M., Keszei E. Some Properties of Rainfall and Throughfall Water in undisturbed Juniper and Poplar Forests in Bugac//*Acta Botanica Hungarica 31*(1-4). - 1985. - p. 35-44.

24. Waring R.H., Schlesinger W.H. Forest Ecosystems. Concepts and Management. Acad Press, Inc. Orlando (Florida, USA). - 1985. - 340 P.

25. Whitehead D.C. Soil and Plant nutrition aspects of the sulphur cycle//*Soil Fert.* - 1964. - V. 27. - P. 1-8.