

БОТАНИКА

УДК 502.5:630.18(476)

Е. А. СИДОРОВИЧ, Ж. А. РУПАСОВА, Е. Г. БУСЬКО

ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭМИССИЙ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДРЕВОСТОЕВ ХВОЙНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ

(Представлено академиком АН БССР И. Д. Юркевичем)

Разностороннее влияние антропогенных факторов на растительный покров природных комплексов влечет за собой существенные изменения в продукционном процессе и миграционных циклах химических веществ лесных сообществ в условиях промышленного загрязнения окружающей среды. Для установления потенциальных границ устойчивости фона необходим комплекс исследований, который позволил бы определить предельный уровень накопления токсичных соединений в органах растений, слагающих фитоценоз, превышение которого вызвало бы необратимые изменения в его структуре.

С этой целью было проведено определение концентрации ряда металлов (в том числе тяжелых) и серы, являющихся типичными загрязнителями урбанизированной среды, в структурных частях древостоев хвойных фитоценозов — чистого соснового насаждения мшистого типа в возрасте 50 лет и чистого елового леса мшистого типа в возрасте 45 лет, произрастающих на дерново-среднеоподзоленной почве в лесопарковой части Центрального ботанического сада АН БССР, в условиях промышленного загрязнения окружающей среды. В качестве природных аналогов (эталонов сравнения) были выбраны типологически выдержанные одновозрастные насаждения, расположенные на территории Березинского биосферного заповедника.

Содержание Si, Ca, Mg, Al, Fe, Mn, Na, Cu, Zn, Ni, Cd, Cr, Pb, Co определено методом атомно-адсорбционной спектроскопии [1], серы — методом А. Д. Мочаловой [2]. Накопление вышеперечисленных элементов исследовалось дифференцированно, по 10-летним годичным слоям, соответствующим периодам с 1943 по 1953, с 1953 по 1963, с 1963 по 1973 и с 1973 по 1983 гг. Путем сопоставления уровня содержания элементов в условиях загрязнения с контролем были получены относительные показатели, дающие представление о размерах происшедших изменений в химическом составе древостоев.

Принимая во внимание, что зольность ассимилирующих органов древесных пород можно использовать в качестве «тестового» параметра их устойчивости к условиям среды [3], и сравнив сосновые и еловые фитоценозы между собой, мы пришли к заключению, что ельники, имеющие более минерализованную хвою, должны обладать большими адаптационными возможностями по сравнению с сосняками. В отличие от сосновых насаждений хвоя ельников увеличивает зольность с возрастом (табл. 1, 2). Кора стволов и корни имеют примерно равные значения этого показателя, и минимальным накоплением всех изучавшихся элементов характеризуется стволовая древесина.

Таблица 1
 Содержание химических элементов, мг/кг сухого вещества, и кратный размер превышения уровня их накопления в структурных частях фитомассы древостоя соснового фитоценоза из зоны антропогенного воздействия относительно заповедного аналога

Часть фитомассы	Зола, %	Si	Ca	Mg	Al	Fe	Mn	Na	Cu	Zn	Ni	Cd	Cr	Pb	Co	S
Хвоя однолетняя	2,91	159	4270	590	914	200	256	365	6,6	38,1	7,5	0,04	9,0	4,5	0,5	2810
	1,2	2,5	1,1	1,0	1,0	4,4	0,3	1,3	0,8	0,6	1,5	4,0	9,0	2,3	1,7	3,3
Хвоя многолетняя	2,66	128	5630	750	1119	332	498	210	4,5	53,6	4,3	0,05	5,5	7,5	0,7	3030
	0,8	2,2	1,1	1,3	0,9	3,8	0,3	0,9	0,6	0,8	2,3	5,0	5,5	2,1	7,0	3,4
Кора ствола	2,68	13	7210	480	634	148	158	125	6,2	28,4	3,4	0,11	0,5	4,0	—	270
	1,0	0,4	1,1	1,0	0,6	1,9	0,5	0,8	1,5	1,0	3,1	1,1	1,7	1,6	—	3,0
Ствол 1983—1973 гг.	0,25	15	280	124	60	12	22	125	1,2	5,8	0,8	—	0,2	—	—	80
	0,8	1,5	1,3	1,1	1,0	0,3	0,3	8,3	0,4	0,8	4,0	—	0,3	—	—	1,1
1973—1963 гг.	0,18	6	373	146	35	9	28	100	1,0	6,8	0,8	—	0,1	—	—	70
	0,9	0,6	1,0	0,9	0,8	0,4	0,3	1,5	0,8	0,7	8,0	—	0,2	—	—	1,8
1963—1953 гг.	0,23	6	377	133	24	26	29	40	0,8	3,6	0,6	0,05	0,1	—	—	70
	0,8	1,5	1,0	0,8	0,7	1,9	0,4	1,6	0,9	0,4	6,0	5,0	0,2	—	—	1,8
1953—1943 гг.	0,34	6	656	153	19	14	48	30	0,9	6,0	0,8	0,05	0,6	—	—	80
	1,5	0,9	1,1	0,9	0,5	0,4	0,4	0,9	0,6	0,6	2,0	5,0	1,0	—	—	1,3
Корни	2,37	165	4300	565	1563	231	184	124	2,5	35,7	1,5	0,10	3,3	4,0	0,5	1350
	1,2	1,7	1,3	1,1	0,9	2,6	0,5	0,9	0,4	0,5	1,1	2,5	4,1	2,7	1,3	2,0

Таблица 2

Содержание химических элементов, мг/кг сухого вещества, и кратный размер превышения уровня их накопления в структурных частях фитомассы древостоя елового фитоценоза из зоны антропогенного воздействия относительно заповедного аналога

Часть фитомассы	Зола, %	Si	Ca	Mg	Al	Fe	Mn	Na	Cu	Zn	Ni	Cd	Cr	Pb	Co	S
Хвоя однолетняя	3,62	156	4850	820	227	171	320	145	3,5	42,6	4,9	0,05	9,8	6,0	0,3	2000
	$\frac{1,1}{1,1}$	$\frac{3,7}{3,7}$	$\frac{1,3}{1,3}$	$\frac{1,7}{1,7}$	$\frac{1,1}{1,1}$	$\frac{2,5}{2,5}$	$\frac{0,5}{0,5}$	$\frac{0,7}{0,7}$	$\frac{0,8}{0,8}$	$\frac{1,8}{1,8}$	$\frac{2,0}{2,0}$	$\frac{5,0}{5,0}$	$\frac{2,7}{2,7}$	$\frac{3,0}{3,0}$	$\frac{3,0}{3,0}$	$\frac{2,7}{2,7}$
Хвоя многолетняя	6,19	472	5520	840	250	290	340	160	1,7	37,5	4,1	0,02	9,7	9,0	0,7	2560
	$\frac{1,4}{1,4}$	$\frac{8,0}{8,0}$	$\frac{1,3}{1,3}$	$\frac{1,6}{1,6}$	$\frac{0,9}{0,9}$	$\frac{2,9}{2,9}$	$\frac{0,5}{0,5}$	$\frac{0,5}{0,5}$	$\frac{0,5}{0,5}$	$\frac{1,1}{1,1}$	$\frac{2,9}{2,9}$	$\frac{2,0}{2,0}$	$\frac{5,4}{5,4}$	$\frac{4,5}{4,5}$	$\frac{7,0}{7,0}$	$\frac{3,1}{3,1}$
Кора ствола	3,92	173	6214	560	440	151	175	200	10,4	135,9	6,2	0,26	2,3	6,0	—	240
	$\frac{1,3}{1,3}$	$\frac{8,7}{8,7}$	$\frac{1,3}{1,3}$	$\frac{1,6}{1,6}$	$\frac{0,9}{0,9}$	$\frac{1,2}{1,2}$	$\frac{1,4}{1,4}$	$\frac{0,9}{0,9}$	$\frac{2,0}{2,0}$	$\frac{1,3}{1,3}$	$\frac{2,7}{2,7}$	$\frac{3,2}{3,2}$	$\frac{4,6}{4,6}$	$\frac{1,7}{1,7}$	—	—
Ствол 1983—1973 гг.	0,26	7	616	109	34	16	44	55	1,1	10,5	1,3	—	0,5	1,0	—	60
	$\frac{1,1}{1,1}$	$\frac{3,5}{3,5}$	$\frac{1,6}{1,6}$	$\frac{1,5}{1,5}$	$\frac{0,6}{0,6}$	$\frac{0,3}{0,3}$	$\frac{1,0}{1,0}$	$\frac{3,4}{3,4}$	$\frac{0,5}{0,5}$	$\frac{1,2}{1,2}$	$\frac{2,2}{2,2}$	—	$\frac{0,6}{0,6}$	$\frac{10,0}{10,0}$	—	—
1973—1963 гг.	0,33	—	841	103	58	16	75	60	1,8	8,6	0,7	—	0,1	1,5	—	40
	$\frac{1,5}{1,5}$	—	$\frac{1,6}{1,6}$	$\frac{1,4}{1,4}$	$\frac{0,9}{0,9}$	$\frac{0,3}{0,3}$	$\frac{1,6}{1,6}$	$\frac{0,9}{0,9}$	$\frac{1,5}{1,5}$	$\frac{0,6}{0,6}$	$\frac{2,3}{2,3}$	—	$\frac{0,1}{0,1}$	$\frac{1,5}{1,5}$	—	—
1963—1953 гг.	0,26	—	974	151	17	19	96	—	1,1	6,0	0,7	—	0,2	—	—	50
	$\frac{1,9}{1,9}$	—	$\frac{1,5}{1,5}$	$\frac{1,8}{1,8}$	$\frac{0,4}{0,4}$	$\frac{1,1}{1,1}$	$\frac{1,7}{1,7}$	—	$\frac{1,0}{1,0}$	$\frac{0,3}{0,3}$	$\frac{0,9}{0,9}$	—	$\frac{0,1}{0,1}$	—	—	—
1953—1943 гг.	0,44	—	1240	194	14	17	112	10	1,3	5,4	0,8	—	0,6	1,0	—	40
	$\frac{1,7}{1,7}$	—	$\frac{1,5}{1,5}$	$\frac{1,7}{1,7}$	$\frac{0,3}{0,3}$	$\frac{0,5}{0,5}$	$\frac{1,6}{1,6}$	$\frac{0,5}{0,5}$	$\frac{1,9}{1,9}$	$\frac{0,3}{0,3}$	$\frac{1,6}{1,6}$	—	$\frac{0,2}{0,2}$	$\frac{10,0}{10,0}$	—	—
Корни	2,13	83	5070	450	682	340	120	190	4,5	76,1	1,5	0,02	1,9	6,0	1,4	1340
	$\frac{1,0}{1,0}$	$\frac{3,5}{3,5}$	$\frac{1,3}{1,3}$	$\frac{2,3}{2,3}$	$\frac{3,3}{3,3}$	$\frac{2,2}{2,2}$	$\frac{0,8}{0,8}$	$\frac{0,8}{0,8}$	$\frac{0,8}{0,8}$	$\frac{1,3}{1,3}$	$\frac{1,1}{1,1}$	$\frac{2,0}{2,0}$	$\frac{1,4}{1,4}$	$\frac{1,5}{1,5}$	$\frac{1,4}{1,4}$	$\frac{1,9}{1,9}$

По уровню накопления в структурных частях сосновых фитоценозов минеральные элементы можно разделить на 3 группы: Ca (4300—7200 мг/кг в хвое, коре и корнях; 300—600 мг/кг в стволах); Al, Mg, S (500—3000 мг/кг в хвое, коре и корнях; 20—600 мг/кг в стволах) и все прочие элементы, содержание которых на 1—2 порядка ниже. В еловых насаждениях эта дифференциация сохраняется, но роль Al резко снижается, что объясняется иной избирательной способностью этой лесобразующей породы к усвоению данного элемента. Сопоставив уровень накопления металлов и серы в условиях антропогенных нагрузок с контролем, мы установили, что в результате загрязнения окружающей среды промышленными эмиссиями происходит усиление накопления в хвое, коре и корнях соснового фитоценоза Ca, Mg, Al, Ni в 1,1—2 раза; Si, Fe, Cd, Pb, S в 2,1—4; Cr, Co — более чем в 4 раза; елового — Ca, Mg, Al, Zn в 1,1—2 раза; Fe, Ni, Cd, Pb, S в 2,1—4; Si, Cr, Co — более чем в 4 раза. Полученные результаты согласуются с данными других авторов [4—7].

Ослабление аккумуляции Mn, Cu, Na в условиях антропогенных нагрузок объясняется, очевидно, их антагонизмом с элементами из группы тяжелых металлов и в первую очередь с Ni, Cd, Pb, Cr. Незначительный (в 2—4 раза) размер превышения концентраций Pb, S в структурных частях древостоев городских фитоценозов относительно заповедных аналогов свидетельствует скорее об ограниченных возможностях поглощения этих элементов у хвойных пород, нежели о невысоком уровне загрязнения окружающего фона, так как аналогичные исследования, проведенные в лиственных фитоценозах, показали увеличение концентрации данных элементов в условиях воздействия промышленных эмиссий в 8—10 раз.

И у сосновых, и у еловых древостоев обнаружена отчетливая тенденция к увеличению с возрастом концентрации большинства элементов, за исключением Ca, Mg, Mn. В условиях загрязненного фона в стволовой древесине сосны содержание Ca, Na, S увеличивается в 1,1—2 раза, Ni, Cd — в 2,1—8 раз на фоне снижения аккумуляции Al, Fe, Mn, Cu, Zn; у ели наблюдается увеличение концентрации Ca, Mg, Mn, Na, Cu в 1,1—2 раза, Si, Ni, Pb — в 2,1—10 раз при ослаблении накопления Al, Fe, Zn, S.

Резюмируя изложенное выше, следует заключить, что, несмотря на имеющиеся между сосновыми и еловыми фитоценозами различия в характере усвоения минеральных элементов в условиях антропогенных нагрузок, во всех структурных частях древостоев сохраняется общность тенденций в активизации поглощения Ca, Na, Ni и ослаблении аккумуляции Al, Fe, Zn.

Summary

It is shown that in industrial emission-polluted environment the accumulation of Ca, Na, Ni is increased and the absorption of Al, Fe, Zn is reduced in all the structural components of pine and spruce stand communities.

Литература

1. Иванов Д. Н., Лернер Л. А.— В кн.: Методы определения микроэлементов в почвах, растениях и водах. М., 1974, с. 242—264.
2. Мочалова А. Д.— Сельское хозяйство за рубежом, 1975, № 4, с. 17.
3. Федоров М. М.— Почвоведение, 1972, № 7, с. 96—104.
4. Бойченко Е. А.— Успехи современной биологии, 1968, т. 66, вып. 2, с. 173—188.
5. Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения.— Киев: Наук. думка, 1978.— 247 с.
6. Grodzinska K., Kazmierczakowa R.— Bull. Acad. pol. sci. biol., 1977, vol. 25, N 4, p. 227—234.
7. Hopkinson I. M., Wilson R. H., Smith B. N.— Naturwissenschaften, 1972, vol. 59, N 9, p. 421—422.