

УДК 631.461.7:631.445.2

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ОПАДА В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

ГАНЖАРА Н. Ф., СМОЛЕНЦЕВА Н. Л.
(Кафедра почвоведения)

Количество опада, его видовой и зольный состав, интенсивность процессов разложения играют большую роль в формировании профиля лесных почв и питания древесных насаждений. В литературе имеется много данных о количестве опада и его зольном составе [1, 3, 7, 8, 10 и др.], меньше сведений о видовом составе опада [11, 14] и совсем мало данных об интенсивности процессов его разложения и сезонной динамике выщелачивания зольных элементов [2, 3, 11].

Особый интерес представляет сезонная динамика выщелачивания зольных элементов из опада, поскольку она в большой мере определяет условия питания древесных насаждений.

Мы изучали скорость разложения основных компонентов опада в зеленомошных типах леса средней тайги и процессы выщелачивания элементов зольного питания из разлагающихся остатков.

Исследования проводились на третьей пробной площадке Чернамского лесного стационара Института биологии Коми филиала АН СССР (60 км к северо-западу от Сыктывкара). Состав древостоя смешанный, бонитет IV. В первом ярусе сосна и ель, во втором — береза и ель. Высота сосны — 14—15 м, диаметр стволов 15 см, высота ели — 9—10 м, средний диаметр — 11—12 см, береза высотой 11 м, диаметром — 9 см. Лес приспевающий — возраст 70—80 лет. Подрост густой еловый. В подлеске можжевельник; кустарничковый ярус представлен черникой и брусникой; встречаются голубика и вереск. Из мхов преобладают *Pleurozium schweberi*; *Hylocomium splendens*; *Dicranum polisetum* Mich.; встречается *Ptiliumcrista castrensis*; локально по микроповышениям распространены сфагны, диффузно — *Politricum commune*. Почва подзолистая иллювиально-гумусово-железистая, сформированная на флювиогляциальных песках, подстилаемых суглинистой мореной. Мощность подстилки ($A'_0 + A''_0$) 4—6 см; мощность грубогумусового горизонта A_0A_1 около 1 см, гумусовый горизонт отсутствует.

Для изучения динамики поступления опада на пробной площади были установлены опадодуловители размером 50×50 см в 20-кратной повторности. Опад собирали по мере его поступления, чтобы избежать выщелачивания.

Для выяснения скорости разложения и выщелачивания опада был поставлен полевой модельный опыт. Пробы с каждым видом опада, встречающегося в данном насаждении, помещали в капроновые мешочки и закладывали на подстилку, повторность 9-кратная. В каждый учетный срок снимали по три мешочка, доводили их содержимое до воздушно-сухого состояния и по потере массы судили о скорости разложения опада. Зольный анализ проводили по методу Поповцевой [9]. В те же сроки определяли «дыхание» почвы по методу Заяц [6]; образцы подстилки для определения микроартропод отбирали в

10-кратной повторности. Выгонку фауны проводили методом автоматической выборки [5].

Всего весной, летом и осенью 1976 г. на 1 га поверхности подстилки поступило 5,7 т опада древесного и мохово-кустарничкового ярусов. Преобладал опад древесного полога (хвоя, листья, ветки, шишки), доля других компонентов менее значительна (% к общей массе опада):

Общая масса опада	100
Опад древесного полога	73,2
в т. ч., % к этому виду опада:	
хвоя ели	27,0
хвоя сосны	50,1
листья березы	9,3
ветки, шишки	13,6
Опад кустарничкового полога	17,5
Опад мохового полога	9,3

На протяжении периода наблюдений опад поступал неравномерно: в мае — августе — 35%, в сентябре — октябре — 65%. Хвоя сосны и ели поступала равномерно, листья березы начали опадать лишь в конце сентября.

Следует отметить, что количество опада, зафиксированное нами в весенне-летне-осенний период, было несколько выше, чем в опытах других исследователей [10, 11]. По-видимому, это объясняется частично особенностями данного типа леса и, возможно, метеорологическими условиями 1976 г.

Наибольшая скорость разложения (табл. 1) характерна для хвои сосны и листьев брусники, затем в убывающем порядке следуют опад хвои ели, листьев березы, сфагноума, зеленых мхов и веток.

Невысокая скорость разложения листьев березы объясняется тем, что использован зимне-весенний опад, который был уже частично разложен. Небольшая потеря массы сфагноума и зеленых мхов связана с тем, что во влажных условиях они продолжали расти.

Растительные остатки в течение периода наблюдений разлагались неравномерно. Наибольшая скорость минерализации всех видов опада отмечена в июне — июле и в начале августа, когда температура подстилки и горизонта A_2 достигала максимума — соответственно $9,5-12,5^\circ$ и $9,0-12,0^\circ$ (рис. 1), а

влажность двух верхних горизонтов была значительно ниже ППВ.

По данным Т. А. Стениной [13], в подзолистых почвах средней тайги микроорганизмы сосредоточены главным образом в подстилке, в разложении которой основную функцию выполняют грибы. В сезонной динамике микрофлоры характерны раннелетний максимум численности микроорганизмов и постепенное снижение их количества к осени.

Наблюдения за почвенной фауной показали, что максимум ее приходится на период наибольшего прогревания подстилки — конец июля — начало августа. Общая численность микроартропод в 5-сантиметровом слое подстилки составила 22 140 экземпляров на 1 м². Среди них

Таблица 1

Сезонная динамика разложения опада (потери массы, % к исходной)

Вид опада	$\frac{8/VI - 19/VII}{-}$	$\frac{8/VI - 24/VIII}{-}$	$\frac{8/VI - 21/IX}{-}$
Листья березы	10	15	20
Листья брусники	34	37	38
Хвоя сосны	36	39	41
Хвоя ели	19	25	27
Сфагнум	18	21	7
Зеленые мхи	5	6	4
Ветки	4	9	10
A_0'	42	45	45
A_0''	17	42	46

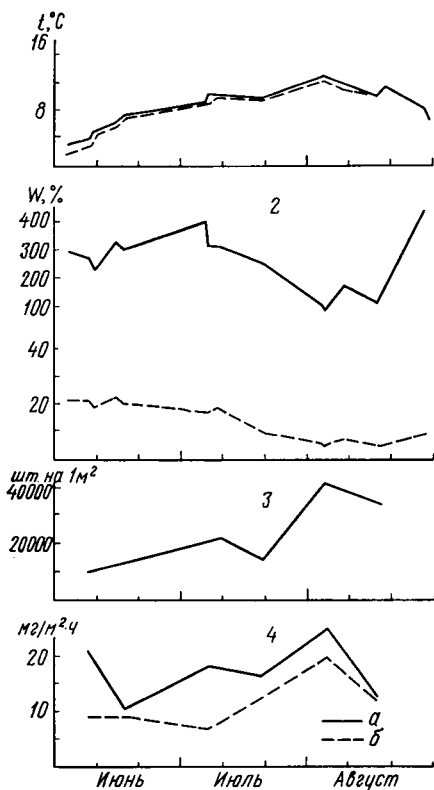
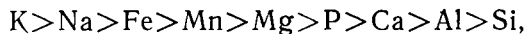


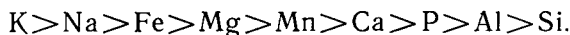
Рис. 1. Динамика температуры (1), влажности (2), микрофауны (3), выделения CO_2 (4) в подстилке (а) и в горизонте A_2 (б).

ности разложения опада и подстилки.

Зольные элементы по скорости выщелачивания из различных подгоризонтов подстилки (рис. 2) можно расположить в следующий ряд: из подгоризонта A_0 :



из подгоризонта A_1 :



отмечается преобладание панцирных клещей (Oribatei) и ногохвосток (Collembola), принимающих активное участие в разложении подстилки [5]. Их численность составила соответственно 10 080 и 9127 экземпляров на 1 м^2 .

Основным горизонтом биогенной аккумуляции в исследованных почвах является подстилка, что придает ей особую роль в питании древесных насаждений. Как показали наблюдения, основная масса корней расположена в подстилке, что отмечается также в литературе [4].

Количество минеральных веществ, вымываемых из подстилки, находится в прямой зависимости от зольности опада, количества, интенсивности разложения и минерализации лесной подстилки. В составе золы исследуемой подстилки преобладал Ca (табл. 2). Относительное накопление его можно объяснить высоким содержанием этого элемента во всех видах опада, слагающих подстилку. В процессе разложения подстилки наиболее интенсивно выщелачиваются K (87%), Na (83%), Fe (82%), Mn (75%) и Mg (70%) в середине лета — в период максимальной скорости разложения опада и подстилки.

Таблица 2

Содержание химических элементов в опаде и подстилке (% на сухое вещество)

Элементы	Хвоя ели	Хвоя сосны	Зеленые мхи	Мох сфагнум	Листья березы	Листья брусники	A_1	A_0
Si	0,052	0,033	0,070	0,075	0,115	0,052	0,094	0,180
Al	0,017	0,067	0,071	0,111	0,060	0,081	0,133	0,162
Fe	0,009	0,007	0,122	0,060	0,028	0,007	0,110	0,113
Ca	0,967	0,570	0,547	0,839	0,485	0,450	0,472	0,451
Mg	0,324	0,069	0,166	0,164	0,226	0,107	0,118	0,131
Mn	0,082	0,050	0,119	0,072	0,095	0,173	0,013	0,025
Na	0,010	0,012	0,039	0,034	0,011	0,006	0,006	0,009
K	0,434	0,281	0,229	0,851	0,248	0,543	0,163	0,131
P	0,104	0,089	0,185	0,183	0,123	0,162	0,112	0,125

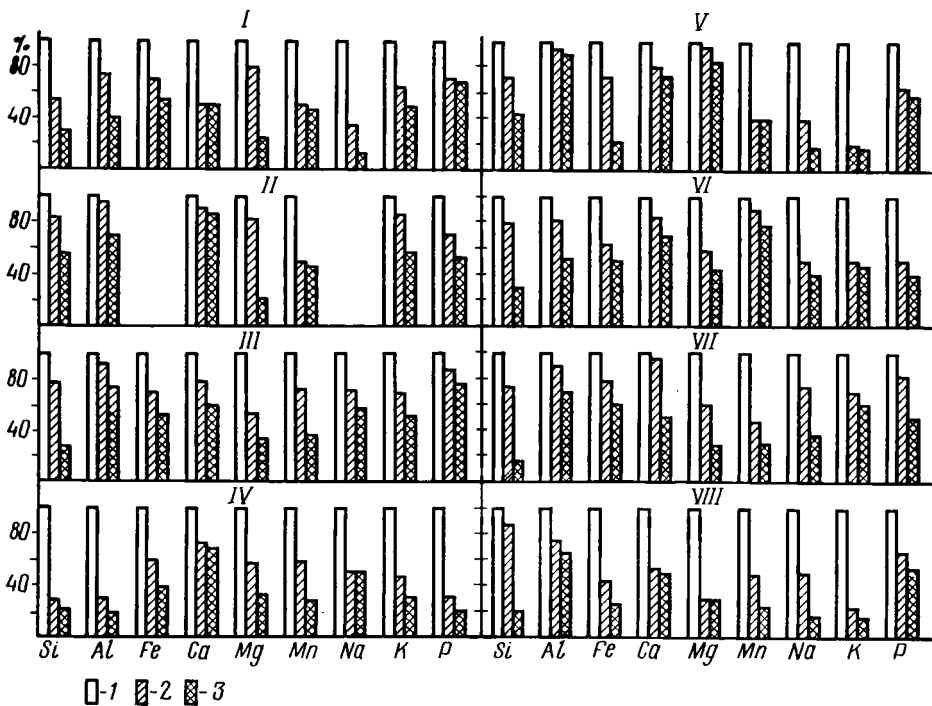


Рис. 2. Динамика содержания зольных элементов в различных видах опада и в подстилке.
 I — опад хвоя сосны; II — опад хвоя ели; III — листья березы; IV — листья брусники; V — зеленые мхи; VI — сфагнум; VII — A_0 ; VIII — A_0 ; 1 — исходное содержание; 2 — содержится в I срок (24 августа); 3 — во II срок (21 сентября).

Сопоставляя эти два ряда, можно отметить, что выщелачивание зольных элементов из указанных подгоризонтов A_0 и A_0 практически не различалось. Однако скорость вымывания элементов из подгоризонта A_0 была несколько выше, что в первую очередь объясняется меньшей гумифицированностью этого подгоризонта, формирующегося из свежего опада древесно-мохового полога. Нижний слой A_0 состоит из полуразложившегося и разложившегося опада и корней древесной и кустарничковой растительности.

В исследуемом типе леса запасы подстилки составляют 34 т/га. О запасах зольных элементов, аккумулируемых подстилкой, можно судить по приведенным ниже данным (кг/га):

Ca — 224,8,	Fe — 51,6,
K — 102,5,	Si — 45,5,
Mg — 70,8,	Na — 19,1,
Al — 64,6,	Mn — 14,9,
P — 64,1,	Всего — 675,5

Значительную роль в формировании подстилки, как отмечалось выше, играет опад древесного полога, особенно хвоя сосны. В золе последней в наибольшем количестве содержатся Ca, Na, K, Mg и Al. Освобождение зольных элементов из опада протекает аналогично выщелачиванию их из подстилки. Наиболее активно освобождаются Na (90%), Mg (80%), Si (70%), K (60%) и Al (60%). Несколько замедленно вымывание P и Ca. Максимальная скорость выщелачивания наблюдается также в период наиболее активных биохимических превращений в подстилке (конец июля — начало августа).

В опаде хвои ели в больших количествах содержатся Ca, K и Si, меньше Mg и P, и еще меньше Fe и Mn. С наибольшей скоростью из опада хвои ели вымываются Fe (80%) и Mg (80%). Ряды зольных элементов по интенсивности вымывания из опада хвойных следующие: из хвои сосны — $Na > Mg > Si > K > Mn > Al > P > Fe > Ca$, из хвои ели — $Mg > P > Si > K > Ca > Al$.

Сравнивая эти два ряда, видим, что выщелачивание зольных элементов из опада хвои сосны и ели протекает по-разному.

В зоне опада зеленых мхов в основном содержатся Ca, Al и Na. Зола опада сфагнома богата Al, Ca, Mg и P. Зольные элементы из опада мохового полога выщелачиваются с меньшей скоростью, чем из опада хвойных. По скорости освобождения из опада мхов зольные элементы можно расположить в следующие ряды:

из зеленых мхов — $K > Na > Fe > Mn > Si > P > Ca > Mg > Al$,

из сфагнома — $Na > K > Si > P > Mg > Fe > Al > Ca > Mn$.

Отмечается различная скорость в вымывании Mg. Из опада зеленых мхов этот элемент освобождается медленнее.

Исходя из данных рис. 2, мы условно выделили 3 группы зольных элементов по скорости освобождения их из различных видов опада: вымывание до 30%, 30—60 и >60% (табл. 3).

Данные табл. 3 показывают, что в 1976 г. в июне — августе из всех видов опада интенсивно вымывались (>60%) все зольные элементы, за исключением Ca. Вымывание Ca из опада мохово-кустарничкового ярусов было <30%, а из опада древесного полога — до 60% от исходного. Из зеленых мхов и сфагнома большинство зольных элементов вымывалось хуже. В I и II группах встречаются подстилка и листья березы, что связано с высокой степенью разложения первых и с тем, что мы в полевом модельном опыте использовали зимне-весенний опад листьев березы.

Т а б л и ц а 3

Количество выщелачиваемых элементов из различных видов опада в течение июня — августа 1976 г. (% к исходному содержанию)

Элемент	До 30% (I группа)	30—60% (II группа)	>60% (III группа)
Si	—	Зеленые мхи, хвоя ели	Сфагнум, листья березы, листья брусники, хвоя сосны, A_0 ; A_0''
Al	Листья березы, зеленые мхи, хвоя ели, A_0	Сфагнум, A_0''	Листья брусники, хвоя сосны
Fe		Хвоя сосны, сфагнум, листья березы, A_0	Зеленые мхи, листья брусники, A_0''
Ca	Сфагнум, зеленые мхи, листья брусники, хвоя ели	Листья березы, хвоя сосны, A_0' ; A_0''	—
Mg	Зеленые мхи	Сфагнум	Листья брусники, листья березы, зеленые мхи, A_0 ; A_0''
Mn	Сфагнум	Хвоя сосны, хвоя ели	Зеленые мхи, листья березы, листья брусники, A_0 ; A_0''
Na	—	Листья березы, листья брусники	Сфагнум, зеленые мхи, A_0 ; A_0'' , хвоя сосны
K	—	Листья березы, хвоя ели, хвоя сосны, A_0	Сфагнум, зеленые мхи, листья брусники, A_0''
P	Листья березы	Зеленые мхи, хвоя ели, хвоя сосны, A_0 ; A_0''	Сфагнум, листья брусники

Заключение

Основным горизонтом биогенной аккумуляции в подзолистых иллювиально-гумусово-железистых почвах является лесная подстилка. В этом же горизонте отмечается максимум скопления корней древесных насаждений.

Наиболее интенсивное разложение подстилки и опада в исследуемых почвах наблюдается в период максимальной температуры в подстилке (конец июня — начало августа). В этот период из опада выщелачивается свыше 60% большинства зольных элементов, в меньшем количестве вымывается Са.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамова М. М. Сезонная изменчивость некоторых химических свойств лесной подзолистой почвы. Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, 1947, т. 25, с. 228—273. — 2. Арвисто Э. Разложение и превращение органического вещества в дерново-карбонатных и бурых почвах. В сб. науч. тр. ЭСХА, 1970, № 65, с. 34—47. — 3. Базилинская М. В., Заболотнова Л. А. Выщелачивание зольных элементов из свежей и гумифицированной растительности. «Изв. ТСХА», 1975, вып. 2, с. 106—112. — 4. Верхоланцева Л. А., Бобкова К. С. Влияние почвенных условий на корневые системы древесных пород в еловых насаждениях подзоны северной тайги. Сыктывкар, 1973. — 5. Гиляров М. С. Зоологический метод диагностики почв. М., «Наука», 1965. — 6. Заяц А. Н. Биологическая активность почвы и усовершенствование метода ее определения. «Вестн. с.-х. наук», 1975, № 9, с. 78—83. — 7. Зонн С. В. Влияние леса на почвы. М.-Л., «Наука», 1954. — 8. Орфанитский Ю. А. Рациональное использование плодородия лесных почв таежной зоны. М., Гослесбумиздат, 1963. — 9. Поповцев А. А. Методическое руководство по ускоренному анализу золы растений. Сыктывкар, 1974. — 10. Ремезов Н. И., Быкова Л. Н., Смирнова К. М. Потребление и круговорот азота и зольных элементов в лесах европейской части СССР, МГУ, 1959. — 11. Родин Л. Е., Базилевич Н. И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. М.-Л., «Наука», 1965. — 12. Слобода А. В. О биологическом круговороте химических элементов в ельнике-зеленомошнике средней тайги. «Почвоведение», 1975, № 10, с. 34—44. — 13. Стенина Т. А. Микрофлора подзолистых почв Северо-Востока европейской части СССР. В сб.: Современные процессы в подзолистых почвах Северо-Востока европейской части СССР. Л., «Наука», 1970, с. 92—107. — 14. Терешенкова А. И. Влияние напочвенного покрова на разложение лесной подстилки в дубовом лесу. «Вестн. МГУ», 1973, № 3, с. 27—36.

Статья поступила 3 июня 1977 г.

SUMMARY

The rate of decomposition of the main litter-fall components in the green moss types of middle taiga forest has been studied, and the peculiarities of the processes of leaching the ash elements from decomposing residues have been found. The most intensive process of litter and litter-fall decomposition in the investigated soils is timed to the period of maximum temperature in the litter (late June — early August). In this period more than 60% of most of the ash elements are leached from the litter-fall; the leaching of calcium is least of all pronounced. The forest litter is the main horizon of biogenic accumulation in the investigated podzolic ferrous-humic-illuvial soils. In the same horizon there is maximum amount of roots of woody plants.