

УДК 630.181.63+630.416.11+502.53:581.5

И. А. Юсупов, С. В. Залесов, С. А. Шавнин, Н. А. Луганский
(Уральская государственная лесотехническая академия)

**ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ И СТРУКТУРЫ
ДРЕВЕСНОГО ОПАДА В СОСНОВЫХ МОЛОДНЯКАХ
В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ АЭРОПРОМВЫБРОСОВ
НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ**

Исследованы количественные и качественные характеристики древесного опада в насаждениях, подверженных влиянию аэропромвыбросов. Показаны особенности поступления элементов питания с опадом в почву. Для оценки тождественности объектов исследований и «степени близости» их по закономерностям годичной динамики опада применен метод векторно-корреляционного анализа.

Лесной опад вместе с отмершими корнями древесной и травяной растительности является основным источником органического вещества почвы (Морозов, 1970). За время жизни одного поколения насаждения происходит отторжение мертвого органического вещества, в 3...4 раза превышающее запас живой фитомассы (Казимиров, Волков и др., 1977). Объемы поступления опада в различных типах леса могут отличаться один от другого в 2...3 раза, что влияет на интенсивность и емкость малого биологического круговорота.

Не вызывает сомнений важность изучения количественных и качественных характеристик опада в рамках биогеоценологических исследований. Изучению динамики опада в зависимости от фенофазы, возраста насаждения, типа леса, географического района произрастания и т. д. посвящено большое количество исследовательских работ (Мелехов, 1957; Смирнов, 1967; Смольянинов, 1969; Габеев, 1972; Казимиров и др., 1978; Аткин, 1994). Анализ полученных данных указанных авторов показывает, что отторжение насаждением мертвых фракций фитомассы происходит в течение года постоянно, но неравномерно. Обильное поступление опада наблюдается в конце вегетационного периода, в августе—сентябре, в основном за счет отмирания лиственной и хвойной фракций фитомассы. На долю последней в годовом опаде, в зависимости от возраста насаждений, приходится от 38,4...95%. Широкое варьирование показателя долевого содержания хвои в общей массе опада опосредовано также колебаниями климатических факторов в отдельные годы, в течение которых проводились наблюдения (Орловский и др., 1970). На урожайность шишек влияют оптимальные режимы температуры и влажности воздуха; шквалистые ветры вызывают не только обламывание мертвых и живых сучьев, но и отпад целых

деревьев и т. д. Кроме того, на интенсивность опада влияет и количество выпавших атмосферных осадков. Исходя из наблюдений многих авторов, выявлена общая закономерность, которая сводится к тому, что с увеличением возраста насаждения доля хвои в опаде уменьшается. Например, Л. Н. Быковой (по Молчанову, 1960), проводившей свои исследования в Мордовском государственном заповеднике, получены следующие данные о валовом количестве опада хвойной фракции в зависимости от класса возраста дровостоя:

Класс возраста	I	II	III	IV	V
Абсолютно сухой вес, кг/га	2495	2356	1911	2003	1304

Таким образом, многочисленными исследованиями накоплен обширный банк данных о количестве и качестве лесного опада. Но исследования в основном проводились в европейской части России, а также в Западной Сибири и на Дальнем Востоке. В Уральском регионе подобных работ в сосновых лесах проведено недостаточно. Например, опубликованы результаты о качественном и фракционном составе опада и его биохимическом и механическом влиянии на возобновление под пологом леса (Луганская, Луганский, 1978).

Наши исследования по изучению динамики годичного опада и содержанию в его фракциях химических элементов проводились на Среднем Урале в сосновых насаждениях искусственного происхождения. Согласно лесорастительному районированию Б. П. Колесникова (1969), район исследований расположен в южно-таежных лесах Средне-Уральской низкогорной провинции Уральской горно-лесной области. Особенность полученных данных в том, что они отражают количественные показатели и структуру опада в дровостоях, испытывающих влияние промышленных выбросов, так как пробные площади заложены в районе Ревдинско-Первоуральского промузла. В районе исследований основными источниками выбросов являются Средне-Уральский медеплавильный завод (СУМЗ) и ХРОМПИК. Согласно сообщению коллектива авторов (Махнев и др., 1990), выбросы медеплавильного комбината в условиях средней тайги снижают количество опада в березняках с 57,8 до 15,3 г/м².

Вокруг Ревдинско-Первоуральского промышленного узла Б. С. Фимушиным (1976) выделены 3 зоны: сильной, средней, слабой степени поражений. Выбор насаждений для изучения рассматриваемого вопроса производился с таким расчетом, чтобы охватить дровостои, произрастающие в различных зонах поражений (сильная,

средняя, слабая и контрольная), двух наиболее распространенных типов леса (ягодникового и разнотравного), II класса возраста. Исследования были проведены в течение 1,5 лет, а именно, с 15 мая 1993 г. до 15 октября 1994 г., на восьми ППП. Одна ППП (2Р) была заложена в зоне сильной степени поражения, три (1Р, 6Р, 3Р) – в средней, три (1П, 2П, 4П) – в слабой и одна (7Р) – вне зон поражений. Пробные площади 1П, 6Р, 7Р заложены в сосняке разнотравном, а остальные – в сосняке ягодниковом. Краткая таксационная характеристика ППП приведена в табл. 1.

Результаты исследований, проведенных на кафедрах лесоводства и прикладной физики и биофизики УГЛТА, показывают, что в настоящее время границы зон поражений имеют сложную, мозаичную конфигурацию. Зоны выделены по обобщенному показателю состояния (ОПС) сосновых молодняков (Калинин, 1989). Мозаичность состояния насаждений объясняется, во-первых, влиянием сложной промышленной инфраструктуры и сети коммуникаций; во-вторых, западным направлением господствующих ветров и орографическими условиями; в-третьих, неодинаковыми микроклиматическими и почвенными условиями местопроизрастания, сформировавшимися на сравнительно небольшой территории; в-четвертых, нерегулируемой рекреационной нагрузкой и неумеренной пастбищой скота. По этим причинам в районе исследований образовались насаждения, нехарактерные для зон поражений и нетипичные по таксационным характеристикам.

В качестве инструмента для сбора опада использовались деревянные ящики-опадоуловители, размером 0,5х0,5 м, обтянутые по дну полиэтиленовой пленкой. Опадоуловители размещались равномерно по ППП по 10 шт. на каждой секции. Ящики имеют глубину до 10 см. Сбор опада производился круглый год. В период с апреля по октябрь опад собирался 1 раз в месяц в строго определенной пятидневке. Ранней весной, после таяния снега, осуществлялся сбор опада, накопившийся в течение зимних месяцев. Опад сортировался по фракциям: хвоя, листья, сучья, кора, плоды и прочие. Фракции высушивались до абсолютно сухого состояния и взвешивались отдельно. По каждой фракции опада и их сумме подсчитывалось среднее значение на учетную площадку и определялось их валовое количество на 1 га. Химический анализ производился по каждой фракции отдельно. При статистических анализах использовались эмпирические данные.

Анализ полученных данных по годовичному опад показывает, что его количество и структура меняются в зависимости от местопроизрастания насаждений по отношению к источнику аэропромвыбросов, типа леса, породного состава и полноты древостоев.

По нашим данным, общий опад за год с 15 мая 1993 г. по 15 мая 1994 г. в районе исследований варьирует от 3056,8 до 5225,7 кг/га

Таблица 1

Зонирование района исследований по отношению к источникам выбросов
и таксационная характеристика древостоев пробных площадей

ППП	СУМЗ		ХРОМПИК		Возраст, лет	Состав леса	Тип леса	Средние		Густота, шт./га	Запас, м ³	Полнота	Класс бонитета
	расстояние от источника, км	румб	расстояние от источника, км	румб				высота, м	диаметр, см				
Зона сильной степени поражения													
2Р	2,5	Ю	6,5	ЮЗ	38	10С+ЕедБ	С.яг.	11,0	10,8	2100	138,5	0,8	III
Зона средней степени поражения													
3Р	5,5	ЮЗ	10,0	ЮЗ	38	10С+ЕедБ	С.яг.	13,8	13,5	2215	229,0	1,0	II
6Р	6,0	ЮЗ	10,5	ЮЗ	31	7СЗБ	С.ртр.	13,2	9,5	3956	186,7	1,0	I
1Р	7,5	ЮВ	9,5	ЮВ	32	10СедЕедБ	С.яг.	14,3	13,1	2763	264,5	1,2	I
Зона слабой степени поражения													
4П	9,0	СВ	5,5	В	29	10СедБ	С.яг.	11,3	8,9	5760	167,5	1,3	II
2П	11,0	СВ	7,0	СВ	31	10СедБ	С.яг.	11,2	10,1	4150	185,1	1,2	II
1П	13,0	СВ	8,5	СВ	28	9С1Б	С.ртр.	10,7	8,9	4361	151,2	1,2	II
Контрольная зона													
7Р	25,0	З	25,0	З	37	10С+Б	С.ртр.	16,7	16,6	1766	313,9	1,1	I

(табл. 2). Наши данные подтверждают вывод результатов исследований ряда авторов (Мелехов, 1957; Шумаков, 1968; Луганская, Луганский, 1978; Аткин, 1994) о том, что наибольшее количество опада наблюдается в высокотрофных условиях местопроизрастания. Распределения фракций годичного опада на ППП приведены

Таблица 2

Масса фракций годичного опада на ППП

ППП	Фракции						Всего
	хвоя	листья	сучья	кора	генера- тивные органы	прочие компо- ненты	
Зона сильной степени поражения							
2Р	2212,7	106,5	350,4	498,0	49,1	57,8	3274,5
	67,6	3,3	10,7	15,2	1,5	1,8	100
Зона средней степени поражения							
3Р	1864,0	129,8	393,9	603,0	30,2	36,0	3056,8
	61,0	4,2	12,9	19,7	1,2	1,0	100
6Р	1434,0	1187,8	348,8	284,6	27,7	40,4	3324,1
	43,1	35,7	10,5	8,6	0,8	1,2	100
1Р	2623,6	176,4	537,8	552,2	41,9	27,4	3959,2
	66,3	4,5	13,6	13,9	1,1	0,7	100
Зона слабой степени поражения							
1П	2941,6	195,1	336,9	442,0	35,7	48,3	3999,6
	73,5	4,9	8,4	11,1	0,9	1,2	100
2П	2991,2	205,9	949,2	527,3	0,6	57,7	4731,9
	63,2	4,4	20,0	11,1	—	1,2	100
4П	3899,8	32,2	234,0	880,6	271,2	68,8	5386,6
	72,4	0,6	4,3	16,3	5,0	1,3	100
Контрольная зона							
7Р	3134,9	66,0	1207,5	705,3	48,2	28,2	5190,2
	60,4	1,3	23,9	13,6	0,9	0,5	100

Примечание. Числитель – кг/га, знаменатель – %.

в табл. 2. На всех пробных площадях фракция хвои составляет основную часть опада. На пробной площади 1Р долевое содержание хвои составляет 66,3% от общей массы опада, 2Р – 67,6, 3Р – 61,0, 6Р – 43,1 и 7Р – 60,4%. Низкое содержание хвойной фракции на ППП 6Р объясняется относительно большим количеством березы в составе древостоя и в подросте, и следовательно, большим количеством опавшей листвы. Таким образом, в районе исследований в условно чистых сосновых насаждениях искусственного происхождения долевое участие хвойной фракции в годичном опаде составляет 60...73,5%. При этом варьирование показателей доли хвои несущественно отличается при сравнении их между типами леса и зонами поражений. В то же время относительные величины массы других фракций опада при сравнении их между пробными площадями отличаются значительно.

При изучении динамики опада выявлено, что за вегетационный период наблюдается 2 максимума отторжения мертвых фракций фитомассы (рис. 1). В зимний период (с ноября до апреля) на пробных площадях 7Р и 6Р

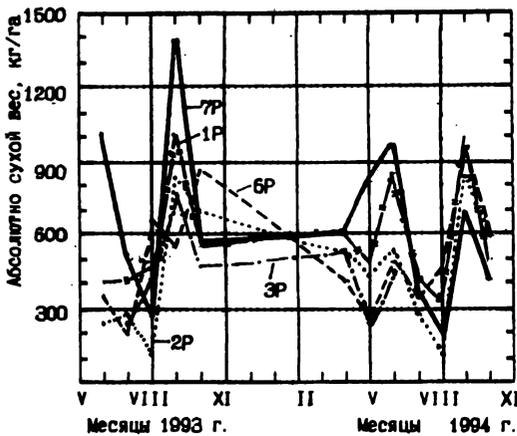


Рис. 1. Динамика опада на ППП

(тип леса – сосняк разнотравный) опадает соответственно 11,4 и 12,4% от его годичной массы (табл. 3). В сосняке ягодниковом доля опада за зимний период на 3...5% выше, чем в разнотравном типе леса. В мае 1994 г. наблюдалось увеличение опада на ППП 1Р и 7Р почти на 50% по сравнению с таковым в апреле. В этот период у растений происходит интенсивное формирование новых и замена утративших способность выполнять свои

функции органов. Увеличение процесса опада в мае отмечено также и другими авторами (Орловский и др., 1970). Ими высказывается предположение, что, возможно, причиной указанного явления может быть усиленная транспирация деревьев и ограниченная возможность корневой системы компенсировать потери воды из-за низкой температуры почвы в этот период. За июнь и июль процесс опада несколько ослабевает. Наибольшее количество опада наблю-

дается с середины августа до середины сентября, т. е. в период подготовки растения к покою, когда активизируются процессы старения и опадания органов деревьев. За этот период опадает 25...27% от его годичной массы. Следует заметить, что описанная динамика опадания наиболее характерна для насаждений, произрастающих в более благоприятных экологических условиях (ППП 7Р и 1Р). Ин-

Таблица 8

Динамика опадания на ППП в течение года

Периоды наблюдений	Пробные площади				
	6Р	7Р	1Р	2Р	3Р
15.05.93	346,6	1016,2	405,92	233,3	Нет
20.06.93	10,6	19,7	10,3	7,5	данных
20.06.93-	194,6	523,78	419,29	273,6	236,3
18.07.93	5,9	10,1	10,6	8,8	7,7
18.07.93-	648,13	266,6	456,9	117,9	414,0
22.08.93	19,8	5,2	11,6	3,6	13,5
22.08.93-	541,8	1374,6	1007,6	841,4	778,2
20.09.93	16,5	26,6	25,5	27	25,3
20.09.93-	874,0	542,0	566,44	697,9	465,4
19.10.93	26,7	11,1	14,4	22,4	15,1
19.10.93-	407,5	589,48	608,08	533,5	518,8
26.04.94	12,4	11,4	15,4	17,1	16,9
26.04.94-	265,8	818,41	482,25	428,0	231,2
15.05.94	8,1	15,9	12,2	13,7	7,5
15.05.94-		Нет	данных		431,5
16.06.94		Нет	данных		14,0
Всего	3324,1	5190,2	3959,2	3274,5	3056,8
	100	100	100	100	100

Примечание. Числитель – кг/га, знаменатель – %.

тенсивный опад в весенний период выражен слабее в насаждениях, испытывающих сильный прессинг со стороны агропромвыб-

росов. На пробной площади 6Р максимум опада наблюдается со второй половины сентября до середины октября (26,7%).

Соотношение фракций опада по месяцам оказалось крайне неравномерным. На пробных площадях в период с середины августа до середины сентября хвойная и лиственная фракции в сумме занимают 80...97% от опада за месяц. Кора и сучья интенсивно опадают в течение мая и июня. Постоянный характер опадения мертвых фракций фитомассы и непрерывное ее добавление к подстилке создает благоприятные условия для быстрого включения опада в процесс разложения. Соотношение фракций опада в динамике представлены в диаграммах (рис. 2–6). Примечательно, что за зимний период на пробной площади, заложенной в непосредственной близости от источника аэропромвыбросов, наблюдается накопление пыли, которая отнесена к фракции «прочие компоненты».

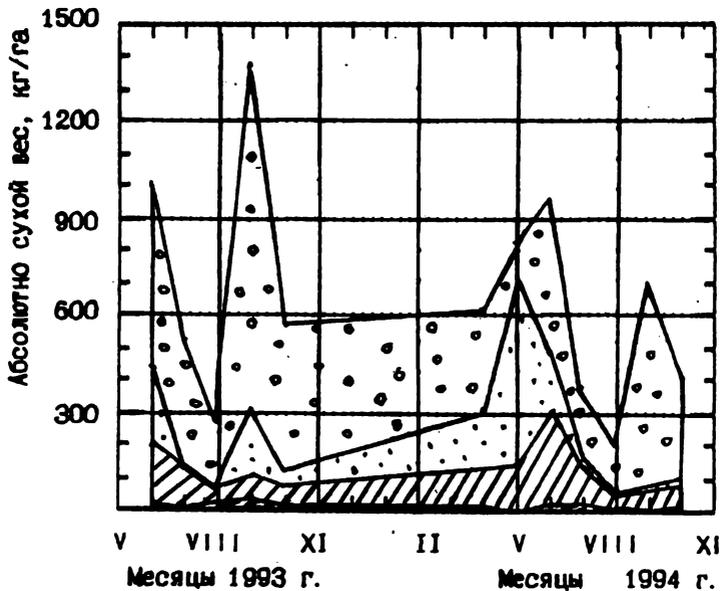
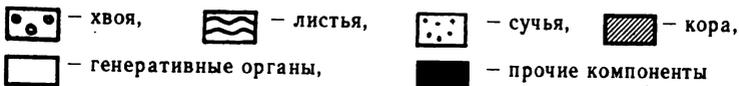


Рис. 2. Соотношение фракций опада в динамике на ППП 7Р:



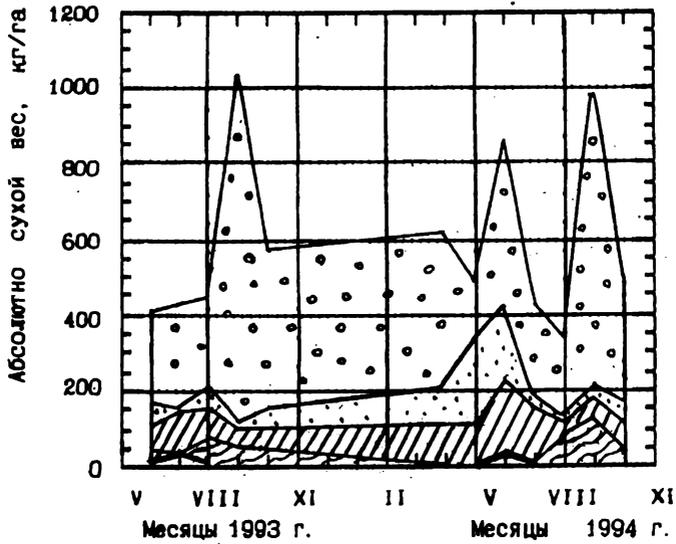


Рис. 3. Соотношение фракций опада в динамике на ППП 1Р (условные обозначения те же, что на рис. 2)

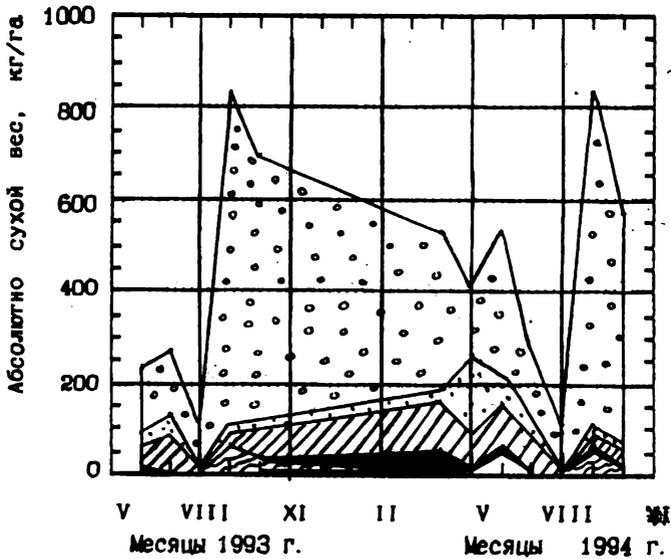


Рис. 4. Соотношение фракций опада в динамике на ППП 2Р (условные обозначения те же, что на рис. 2)

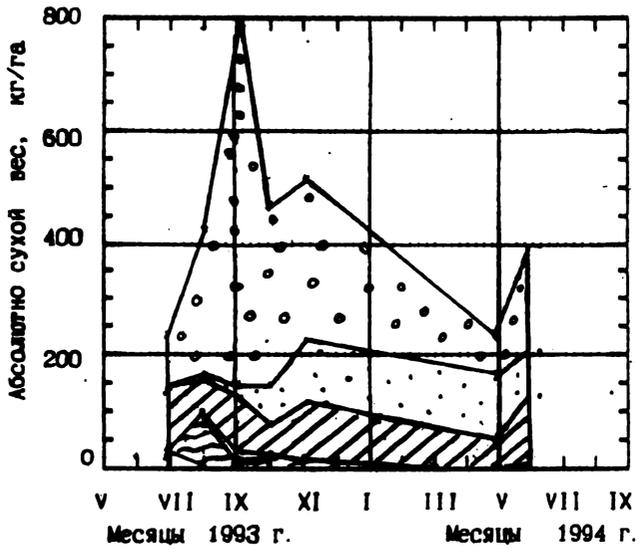


Рис. 5. Соотношение фракций опада в динамике на ППП 3Р (условные обозначения те же, что на рис. 2)

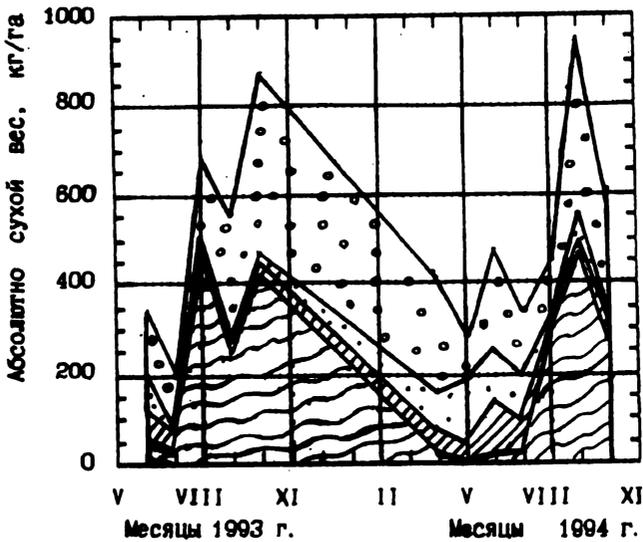


Рис. 6. Соотношение фракций опада в динамике на ППП 6Р (условные обозначения те же, что на рис. 2)

Расчеты по содержанию химических элементов, поступающих с опадом в почву, показали, что в данном звене биологического круговорота перемещается значительное количество элементов питания (табл. 4).

Таблица 4

Возврат химических элементов в почву с древесным опадом в сосновых молодняках искусственного происхождения, произрастающих в условиях аэропромвыбросов, за год

ППП	Фракция					Всего
	хвоя	листья	сучья	кора	генеративные органы	
Азот, кг/га						
7Р	34,0	1,6	7,4	5,6	0,3	48,9
1Р	26,7	4,4	4,1	4,3	0,2	39,7
2Р	13,9	1,8	2,7	2,3	0,1	20,8
Кальций, кг/га						
7Р	15,5	1,0	2,3	2,6	Не опр.	21,4
1Р	15,4	1,9	1,5	3,3	0,1	22,1
2Р	22,8	2,2	2,4	3,9	0,7	32,0
Калий, кг/га						
7Р	5,6	0,3	0,3	0,9	0,1	7,2
1Р	5,0	1,0	0,6	0,6	Не опр.	7,2
2Р	2,1	0,4	0,4	0,3	Не опр.	3,2
Фосфор, кг/га						
7Р	2,0	0,1	0,6	0,5	Не опр.	3,2
1Р	1,1	0,4	0,2	0,2	Не опр.	1,9
2Р	0,9	0,2	0,2	0,3	Не опр.	1,6
Магний, кг/га						
7Р	0,7	0,1	0,3	0,1	Не опр.	1,2
1Р	0,6	0,1	0,5	0,1	Не опр.	1,3
2Р	0,5	0,1	0,2	0,1	Не опр.	0,7
Натрий, кг/га						
7Р	11,9	0,3	4,6	3,6	Не опр.	20,4
1Р	11,8	1,8	2,8	3,6	Не опр.	20,0
2Р	11,2	0,6	1,8	1,9	Не опр.	15,5
Сумма зольных элементов, кг/га						
7Р	35,7	1,9	8,1	7,6	0,4	53,7
1Р	33,8	3,4	5,6	7,8	0,4	51,0
2Р	37,4	3,3	4,9	6,4	0,7	52,7
Зольность, %						
7Р	2,3	5,3	1,0	4,2	1,1	2,5
1Р	2,8	6,4	2,4	5,4	1,9	3,4
2Р	3,5	6,0	2,9	3,6	0,8	3,6

В районе исследований общее количество азота, возвращаемого с опадом, варьируется в широком диапазоне. В зоне сильной степени поражения (ППП 2Р) оно составляет 20,8, в средней (ППП 1Р) — 39,7 кг/га. Таким образом, сосняк ягодниковый, произрастающий в зоне сильной степени поражения, характеризуется пониженной емкостью круговорота азота по сравнению с таковым в средней зоне. Максимальное количество азота, возвращаемого в почву, наблюдается в сосняке разнотравном и составляет 48,9 кг/га (ППП 7Р, которая заложена в контрольной зоне). На всех насаждениях основная часть азота поступает с опадом хвои, в меньшей мере — с отмершими сучьями, корой, листьями и немного — с генеративными органами.

Основное количество кальция, возвращаемого с опадом в почву, также поступает с хвоей. По мере удаления от источника выбросов поступление кальция в почву с опадом закономерно снижается.

Возврат в почву органомогенного калия и фосфора характеризуется величинами на несколько порядков меньшими по сравнению с азотом и кальцием. Основное их количество также поступает в почву с хвойной фракцией опада. В зоне сильной степени поражения калия и фосфора с опадом в почву возвращается меньше, чем в насаждениях, произрастающих в более благоприятных экологических условиях.

Суммарное количество зольных элементов, поступающих в почву с опадом, в сумме на различных пробных площадях отличается незначительно. Например, в зоне сильной степени поражения сумма зольных элементов составляет 52,8, в средней — 50,9, в контрольной — 53,6 кг/га. Но при этом качественный их состав различен. Фракции опада более производительного насаждения сосняка разнотравного отличаются меньшей зольностью, но большим содержанием азота и фосфора по сравнению с таковыми в сосняках ягодниковых.

В древесном опаде содержится относительно большое количество азота, кальция, натрия и сравнительно мало фосфора, калия и магния. Но характер накопления элементов питания в разных фракциях опада на пробных площадях незначительный. Ниже приведены ряды, отражающие содержание химических элементов в порядке убывания в фракциях опада.

ППП	Сучья	Кора	Генеративные органы
7Р	N>Na>Ca>P>K>Mg	N>Na>Ca>K>P>Mg	N>Na>P>K>Ca>Mg
2Р	N>Ca>Na>K>P>Mg	Ca>N>Na>K>P>Mg	Ca>N>Mg
1Р	N>Na>Ca>K>P>Mg	N>Na>Ca>K>P>Mg	N>Na>Ca>K>P>Mg
	Хвоя	Листья	
7Р	N>Ca>Na>K>P>Mg	N>Ca>Na>K>Mg>P	
2Р	Ca>N>Na>K>P>Mg	Ca>N>Na>K>P>Mg	
1Р	N>Ca>Na>K>P>Mg	N>Ca>Na>K>P>Mg	

Отличительная особенность представленных рядов состоит в доминирующем количестве кальция во всех фракциях (кроме сучьев) опада в насаждении, произрастающем в зоне сильной степени поражения. Большое количество кальция в опаде обуславливает биологическую аккумуляцию этого элемента в гумусовом горизонте почвы. Это, несомненно, играет положительную роль в формировании почв в техногенных зонах, значительно снижая кислотность среды и сдерживая агрессивность аэропромвыбросов. Возможно, дальнейшие исследования в этом направлении откроют возможности теоретического обоснования путей повышения плодородия лесных почв в условиях аэропромвыбросов с помощью лесоводственных приемов (регулирование состава насаждений, система главных рубок и т. п.).

Оценка тождественности объектов исследования и «степень близости» их по закономерностям годичной динамики опада была осуществлена методом векторно-корреляционного анализа. Данный метод был разработан на кафедре биофизики и прикладной физики УГЛТА и основан на вычислении и сравнении вектор-массивов обобщенных параметров (t) и их оптимальных значений у отдельных объектов с последующим кластерным анализом. Предназначался он для оценки особенностей индивидуального морфогенеза отдельных деревьев, степени близости внутриродственных групп и выявления наиболее стабильно и быстро растущих деревьев (Использование..., 1992).

Сравнение результатов векторно-корреляционного анализа данных по динамике опада за 1 год позволяет выделить три основных кластера – а, б и в (рис. 7). Кластер а объединяет три ППП – 2Р,

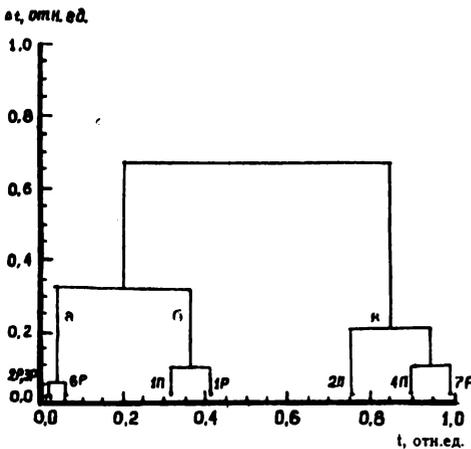


Рис. 7. Дендрограмма величин обобщенных t показателей динамики опада за 1 год на ППП (t – коэффициент сходства)

3Р и 6Р, которые заложены в насаждениях, в большей степени расстроены аэропромвыбросами. Из них наиболее близки по характеру динамики опада и составляют кластер первого порядка пробные площади 2Р и 3Р. Пробная площадь 6Р по степени родства (t) ближе к кластеру первого порядка, поэтому она с первыми двумя образует кластер второго порядка. Пробные площади 1Р и 1П объединены в кластер б. В свою очередь, эти два кластера (а и б) образуют кластер третьего порядка.

И наконец, пробные площади 2П, 4П и 7Р по абсолютным величинам опада по месяцам наиболее отличаются от других объектов и последовательно объединены в кластеры первого и второго порядков, в результате чего формируется кластер в.

Согласно результатам, полученным методом векторно-корреляционного анализа, различия в периодичности поступления опада в почву между объектами исследования существенны. Наиболее резкие различия в синхронности динамики опада и в количестве поступления его в почву отмечены, с одной стороны, в насаждении, произрастающем в зоне сильной степени поражения промвыбросами (ППП 2Р), и с другой – в контрольной (7Р). В районе исследований критерием объединения насаждений в одну группу по характеру динамики опада не может выступать тип леса, так как и разнотравный, и ягодниковый типы представлены во всех выделенных основных трех кластерах. Данный факт свидетельствует о влиянии аэропромвыбросов на динамику опада в типологически сходных древостоях, произрастающих в разных зонах поражений.

Обобщая вышеизложенное, можно сделать следующие основные выводы.

1. Величина годичного опада по массе и его фракционный состав меняется в зависимости от местопроизрастания насаждений по отношению к источнику аэропромвыбросов, типа леса, породного состава и полноты древостоев.

2. В насаждениях второго класса возраста, различие в возрасте которых не превышает 10 лет, поступление опада в почву сильно варьируется.

3. При изучении динамики опада выявлено, что за вегетационный период наблюдается 2 максимума отторжения мертвых фракций фитомассы – в мае и августе.

4. Сосняк разнотравный по сравнению с сосняком ягодниковым характеризуется повышенным круговоротом азота.

5. Общее количество поступающих в почву зольных элементов с опадом по пробным площадям отличается несущественно. Но при сходности общих запасов зольных элементов в опаде по количеству, качественный их состав различен.

6. Характер накопления элементов питания в разных фракциях опада на пробных площадях неодинаковый.

7. Во всех фракциях древесного опада (кроме сучьев) в насаждениях, произрастающих в зоне сильной степени поражения, преобладает кальций.

8. Аэропромвыбросы влияют на динамику опада. Это влияние проявляется в изменении скорости и направленности протекающих обменных процессов в насаждениях, произрастающих в разных зонах поражений.

9. Векторно-корреляционный анализ динамики опада по массе

позволяет оценивать «степень близости» ППП по периодичности поступления мертвых фракций древостоев в почву в насаждениях, произрастающих в разных зонах поражений.

ЛИТЕРАТУРА

Аткин А. С. Закономерности формирования органической массы в лесных сообществах. Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Екатеринбург, 1994. 40 с.

Габеев В. Н. Формирование лесной подстилки и содержание в ней зольных элементов в сосновых лесах Западной Сибири // Лесоводственные исследования в Западной Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1972. С. 99–120.

Использование векторно-корреляционного анализа при изучении потенциальной продуктивности различных генетических форм сосны обыкновенной / Шавнин С. А., Косарев В. Е., Фомин А. С. и др. // Генетика. 1992. Т. 28. № 7. С. 172–179.

Казимиров Н. И., Морозова Р. М., Куликова В. К. Органическая масса и потоки веществ в березняках средней тайги. Л.: Наука, 1979. 216 с.

Калинин В. А. Состояние искусственных сосновых молодняков в условиях атмосферных загрязнений и рубки ухода в них // Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Свердловск, 1989. 24 с.

Колесников Б. П. Леса Свердловской области // Леса СССР. М.: Наука, 1969. Т. 4. С. 64–124.

Луганская В. Д., Луганский Н. А. Некоторые экологические особенности возобновления сосны под пологом насаждений // Леса Урала и хозяйство в них. Свердловск, 1978. Вып. 11. С. 31–54.

Махнев А. К., Трубина М. Р., Прямоусова С. А. Лесная растительность в окрестностях предприятий цветной металлургии // Естественная растительность промышленных и урбанизированных территорий Урала. Свердловск, 1990. С. 3–40.

Мелехов И. С. Об отложении лесной подстилки в зависимости от типа леса // Тр. Архангельского лесотехн. ин-та. Архангельск, 1957. Т. 17. С. 124–137.

Молчанов А. А. Гидрологическая роль леса. М.: Изд-во АН СССР. 1960. 487 с.

Морозов Г. Ф. Учение о лесе: Избр. тр. М.; Л.: Лесн. пром-сть, 1970. Т. 1. 560 с.

Обмен веществ и энергии в сосновых лесах европейского Севера / Казимиров Н. И., Волков А. Д., Зябченко С. С. и др. Л.: Наука, 1977. 304 с.

Орловский Н. В., Чагина Е. Г., Зуева К. Е. Взаимодействие леса и почвы в кедровниках Западного Саяна (Ермаковский стационар) // Вопросы лесоведения. Красноярск, 1970. Т. 1. С. 233–245.

Смирнов В. В. Сезонный опад в лесных биогеоценозах // Лесоведение. 1967. № 6. С. 62–75.

Смолянинов И. И. Биологический круговорот веществ и повышение продуктивности лесов. М.: Лесная пром-сть, 1969. 192 с.

Шумаков В. С. Опад в сосновых типа леса // Проблемы рубки и восстановления леса. М.: Лесн. пром-сть, 1968. С. 76.