

УДК 631.484

ИЗМЕНЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ В ПРОЦЕССЕ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

М. В. БАЗИЛИНСКАЯ

(Экспериментальная база «Михайловское»)

Характер разложения растительных остатков впервые был подробно изучен С. П. Кравковым [4, 5]. В дальнейшем особенности изменения биохимического состава растительных остатков при разложении, скорость этого процесса, участие в нем микроорганизмов рассматривались в ряде публикаций [1, 3]. И только две работы посвящены динамике разложения различных растительных остатков как древесных, так и травянистых растений [7, 9]. Между тем исследования такого рода могут позволить определить направленность и скорость процессов превращения растительных остатков и формирования гумуса.

Цель настоящей работы проследить изменения биохимического состава растительных остатков в процессе их минерализации, принимающих участие в образовании гумусового горизонта в подзоне южной тайги.

Материал и методы исследований

Объектом исследований были хвоя ели, опад березы и мох сфагнум, собранные осенью и компостируемые при 70, 80 и 100% полной влагоемкости при комнатной температуре в стеклянных бутылках ежемесячно в течение года и через 5 и 7 лет. После окончания сроков компостирования растительные остатки извлекали из бутылей, доводили до воздушно-сухого состояния и подвергали биохимическому анализу по схеме, предложенной Кизелем, в модификации Кононовой и Бельчиковой [3]. По этой же схеме в исходных растительных остатках определяли белковые вещества, вещества, извлекаемые водой, спирто-бензольной смесью, а также содержание крахмала, гемицеллюлоз, целлюлоз и лигнинного остатка. Содержание уоновых кислот и отдельных фракций — свободной d-галактуроновой кислоты, галактуроновой кислоты пектина, d-галактуроновой кислоты протопектина определяли по методике, предложенной Гапоненковым и Сердечной [2].

Для определения содержания новообразованных гумусовых веществ, извлекаемых 0,1 н. NaOH, навеску растительного материала на воронке обрабатывали щелочью до вытекания прозрачного раствора, а затем отмывали от щелочи до отрицательной реакции по фенолфталеину. По снижению массы находили количество веществ, извлекаемых 0,1 н. NaOH. В щелочном растворе устанавливали общее количество углерода, углерода фракций, осаждаемых и не осаждаемых 1,0 н. H₂SO₄, а также оптическую плотность этих фракций по методике Пономаревой и Плотниковой [8]. О скорости минерализации растительных остатков судили по убыли массы через 5 и 7 лет.

Результаты исследований

Анализируемые растительные остатки по биохимическому составу были довольно разнообразны (табл. 1). Большие различия по содержанию веществ, извлекаемых водой, наблюдаются между хвоей ели и спадом березы и мхом сфагнумом. Если на долю углерода и составе водорастворимого органического вещества в первом случае приходится 33,90%, то во втором и третьем — только 19,12—20,45%. Хвоя также намного богаче и-веществами, извлекаемыми спирто-бензолом (воскосмо-лы). В опаде березы содержится значительно больше клетчатки и лиг-нина, чем в хвое ели и мхе.

Т а б л и ц а 1

Химический состав исходных растительных остатков (% к сухому веществу)

Объект иссле- дования	Зольные элементы	Протеины (N X 6,25)	Вещест- ва, из- влекае- мые во- дой	С фрак- ции, из- влека- емой во- дой	Вещест- ва, из- влека- емые спирто- бензолом	Крах- мал	Гемцеллю- лоза	Клет- чатка	Лигнинный остаток
Хвоя ели	4,21	5,25	35,76	12,12	24,29	1,96	13,11	14,83	16,92
Опад березы	5,05	8,06	20,51	3,92	17,94	1,74	10,73	22,65	21,66
Мох сфагнум	2,34	5,25	21,12	4,32	14,03	0,40	15,75	13,50	10,94

Опад березы отличается также бóльшим содержанием уроновых кислот, в основном в форме d-галактуроновой кислоты протопектина (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Динамика содержания уроновых кислот в процессе разложения растительных остатков (мг/100 г)

Фракции уроновых кислот	Исход- ный	Дни разложения										5 лет	7 лет
		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300		
Хвоя ели													
2-я	100	75	120	50	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
3-я	800	670	1000	850	770	970	820	850	950	900	830	390	190
Опад березы													
3-я	1810	1050	1130	1000	1150	1530	1200	1000	1000	1090	850	200	50
Мох сфагнум													
2-я	105	50	90	55	45	45	50	50	50	50	75	75	50
3-я	800	800	1070	1100	1050	800	790	800	550	400	500	480	950

П р и м е ч а н и е. 1-я фракция — свободная d-галактуроновая кислота отсутство-вала всюду; 2-я фракция — галактуроновая кислота пектина; 3-я фракция — d-галакту-роновая кислота протопектина; в исходном материале опада березы содержание 2-й фрак-ции составило 150 мг/100 г, при разложении ее не обнаружено.

Скорость минерализации растительных остатков была различной (табл. 3). Так, за 5 лет опыта минерализовалось 84% опада и только 62—65% мха сфагнума и хвои ели. Надо полагать, что одной из причин слабой минерализации последних является низкое содержание азота (табл. 1). Это может быть также связано с высоким содержанием в хвое ели смолистых веществ, обладающих бактерицидными свойствами

[6]. Следует отметить, что и при визуальном осмотре опад березы представлял собой однородную массу, не имеющую отдельных листьев, в хвое ели и мох сохранили свой первоначальный вид. К 7-летнему сроку значительно минерализовалась хвоя ели и практически не изменилась масса опада березы и мха сфагнома (табл. 3).

Т а б л и ц а 3
Скорость минерализации
растительных остатков
(% от исходного содержания)

Объект исследований	Срок разложения, лет	
	5	7
Хвоя ели	34,85	27,79
Опад березы	17,23	16,86
Мох сфагнум	38,04	37,16

Содержание фракции водорастворимых веществ в первые дни минерализации растительных остатков снизилось довольно интенсивно (табл. 4—6). Так, за 30 дней опыта содержание водорастворимых веществ в хвое ели уменьшилось на 30,17%, в опаде березы — на 35,10, в мхе сфагнуме — на 33,32%. На 60-е сутки количество этой фракции уменьшилось только в хвое ели, в опаде березы и мхе сфагнуме этот показатель не изменился (табл. 4—6). В последующие сро-

ки количество веществ, извлекаемых водой, изменилось весьма незначительно, но к концу опыта (7 лет наблюдений) оно составило всего 18—30% от исходного содержания. И если в первые сроки наблюдений количество углерода в водной фракции, извлекаемой из хвои ели, равнялось 30—20%, то к концу опыта — всего 1,70%. Уменьшение содержания углерода в веществах, извлекаемых водой, в процессе минерализации характерно и для опада березы, и мха (табл. 5—6).

На 30-е сутки компостирования содержание уоновых кислот резко снизилось в опаде березы, где полностью минерализовалась галактуроновая кислота пектина и на 42% d-галактуроновая кислота протопектина (табл. 2). В хвое ели количество первой уменьшилось на 25%. второй — на 16%, во мхе сфагнуме изменилось только содержание, и то весьма незначительно, протопектина (табл. 2).

Поскольку во мхе сфагнуме количество клетчатки оставалось на прежнем уровне, то нельзя объяснить высокое содержание уоновых кислот в процессе минерализации ее окислением, как в случае корней разнотравья в опытах Е. З. Теппер с соавт. [9].

В последующие сроки разложения в компостах возросло количество уоновых кислот, что может быть связано с образованием как промежуточных продуктов окисления клетчатки, так и продуктов ресинтеза бактерий. К концу опыта в хвое ели и опаде березы содержание уоновых кислот составило 2,1—2,6% от исходного, они были представлены только фракцией галактуроновой кислоты протопектина. Во мхе сфагнуме содержалась галактуроновая кислота пектина и протопектина в количестве, близком к первоначальному (табл. 2).

Клетчатка начинает разлагаться вслед за разложением межклеточных веществ, темпы ее разложения в различных растительных остатках неодинаковые. Так, на 30-е сутки компостирования в опаде березы разложилось около 37% клетчатки, в хвое ели — только 23%, во мхе сфагнуме ее содержание не изменилось (табл. 4—6). Через 2 мес темп разложения клетчатки значительно увеличился — в опаде березы разложилось уже 56% от исходного, в хвое ели и мхе ее количество осталось на прежнем уровне. Интенсивное разложение клетчатки в хвое ели и мхе отмечается только на 180—120-е дни опыта. К концу наблюдений (7 лет опыта) в опаде березы остается только около 10% клетчатки от исходного состояния, а во мхе сфагнуме и хвое ели — 19—25%.

Отдельные фракции веществ, извлекаемых спирто-бензолом, разлагаются довольно интенсивно. Так, на 30-й день опыта в хвое ели окислилось 17% этих веществ, в опаде березы и мхе — 10%. Затем темп

Динамика содержания химических компонентов в хвое ели в процессе разложения
(в числителе — % на сухое вещество, в знаменателе — % от исходного)

Дни разложения										5 лет	7 лет
30	60	90.	120	150	180	210	240	270	300		
Белковые вещества (N×6,25)											
$\frac{7,25}{138,1}$	$\frac{9,62}{183,2}$	$\frac{8,06}{153,6}$	$\frac{9,69}{183,1}$	$\frac{11,00}{209,6}$	$\frac{11,12}{209,8}$	$\frac{9,56}{183,2}$	$\frac{11,12}{209,8}$	$\frac{9,56}{183,2}$	$\frac{15,37}{292,5}$	$\frac{12,94}{246,5}$	$\frac{12,31}{232,9}$
Вещества, извлекаемые водой											
$\frac{24,97}{69,83}$	$\frac{17,60}{49,2}$	$\frac{17,56}{49,1}$	$\frac{17,33}{48,5}$	$\frac{16,84}{47,1}$	$\frac{16,63}{46,3}$	$\frac{13,20}{36,9}$	$\frac{14,22}{39,8}$	$\frac{16,80}{47,0}$	$\frac{13,16}{36,8}$	$\frac{7,43}{20,8}$	$\frac{6,42}{17,9}$
Углерод фракции, извлекаемой водой											
$\frac{8,50}{70,2}$	$\frac{5,62}{46,4}$	$\frac{3,97}{32,8}$	$\frac{2,99}{24,7}$	$\frac{2,87}{23,7}$	$\frac{2,48}{20,5}$	$\frac{2,42}{19,9}$	$\frac{2,38}{19,6}$	$\frac{2,38}{19,6}$	$\frac{2,03}{16,7}$	$\frac{2,70}{22,3}$	$\frac{0,11}{9,1}$
Вещества, извлекаемые спирто-бензолом											
$\frac{20,14}{89,8}$	$\frac{17,21}{70,5}$	$\frac{15,12}{62,2}$	$\frac{14,98}{61,7}$	$\frac{14,07}{57,9}$	$\frac{13,46}{55,4}$	$\frac{7,57}{31,2}$	$\frac{8,97}{36,4}$	$\frac{9,83}{40,5}$	$\frac{5,64}{23,2}$	$\frac{4,19}{17,2}$	$\frac{4,01}{16,5}$
Крахмал											
$\frac{0,76}{38,8}$	$\frac{0,63}{32,1}$	$\frac{0,61}{31,1}$	$\frac{0,53}{27,0}$	$\frac{0,46}{23,5}$	0	0	0	0	0	0	0
Гемицеллюлоза											
$\frac{11,68}{89,1}$	$\frac{10,23}{78,0}$	$\frac{8,87}{67,7}$	$\frac{7,97}{60,8}$	$\frac{7,72}{58,9}$	$\frac{6,43}{49,0}$	$\frac{4,35}{33,2}$	$\frac{4,54}{34,6}$	$\frac{4,18}{31,9}$	$\frac{4,34}{33,2}$	$\frac{3,81}{29,1}$	$\frac{2,98}{22,7}$
Клетчатка											
$\frac{11,48}{77,4}$	$\frac{11,07}{74,6}$	$\frac{11,64}{78,5}$	$\frac{11,39}{76,8}$	$\frac{11,13}{75,0}$	$\frac{9,16}{61,8}$	$\frac{8,99}{60,6}$	$\frac{8,99}{60,6}$	$\frac{8,99}{60,6}$	$\frac{7,32}{49,4}$	$\frac{6,23}{42,6}$	$\frac{3,66}{24,7}$
Лигнинный остаток											
$\frac{20,66}{122,1}$	$\frac{42,88}{147,0}$	$\frac{27,93}{165,1}$	$\frac{27,97}{165,3}$	$\frac{26,88}{157,6}$	$\frac{37,30}{220,1}$	Не опр.	$\frac{37,45}{221,3}$	$\frac{36,65}{216,6}$	$\frac{38,88}{229,8}$	$\frac{42,53}{250,3}$	$\frac{52,87}{312,5}$

окисления этой группы веществ замедляется в опаде березы и мхе сфагнуме и значительно усиливается в хвое ели (табл. 4—6). К концу наблюдений остатки этих веществ, представленные, на наш взгляд, в основном смолами и другими стойкими соединениями, составили в хвое ели 16%, в опаде березы — 30, во мхе — 36%.

Крахмал разлагается очень интенсивно в опаде березы, где он полностью исчезает на 30-й день компостирования, и во мхе сфагнуме, где к этому же времени его остается только 12%. Крахмал в хвое ели окисляется постепенно, по-видимому, по мере освобождения его при разложении клетчатки клеточных стенок, этот процесс полностью заканчивается лишь ко 180-му дню опыта.

Содержание белковых веществ (табл. 4—6) постепенно увеличивается начиная с 30-го дня опыта в хвое ели, с 60-го — в опаде березы и практически не изменяется во мхе сфагнуме. Увеличение белковых веществ при минерализации растительных остатков следует связать с иммобилизацией минеральных и легкодоступных форм азота микроорганизмами.

Гемицеллюлоза в хвое ели разлагается медленно, что совпадает с данными Е. З. Теппер с соавт. [9]. Если в хвое ели и мхе сфагнуме в

Динамика содержания различных химических компонентов
в процессе разложения опада березы (в числителе — % на сухое вещество,
в знаменателе — % от исходного)

Дни разложения										5 лет	7 лет
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300		
Белковые вещества (N×6,25)											
$\frac{8,06}{100,0}$	$\frac{11,00}{136,5}$	$\frac{9,31}{115,5}$	$\frac{11,00}{136,5}$	$\frac{9,69}{120,2}$	$\frac{11,00}{136,5}$	$\frac{11,12}{138,0}$	$\frac{12,25}{152,0}$	$\frac{10,50}{130,3}$	$\frac{10,50}{130,3}$	$\frac{20,19}{250,5}$	$\frac{16,12}{200,0}$
Вещества, извлекаемые водой											
$\frac{13,35}{64,9}$	$\frac{14,18}{69,1}$	$\frac{14,37}{70,1}$	$\frac{13,50}{65,8}$	$\frac{17,12}{83,4}$	$\frac{16,82}{82,0}$	$\frac{16,21}{79,0}$	$\frac{13,32}{64,9}$	$\frac{13,84}{67,5}$	Не опр.	$\frac{5,46}{26,6}$	$\frac{6,53}{31,8}$
Углерод фракции, извлекаемой водой											
$\frac{2,62}{66,8}$	$\frac{2,06}{52,6}$	$\frac{2,02}{51,3}$	$\frac{1,72}{44,2}$	$\frac{1,81}{46,2}$	$\frac{1,96}{50,0}$	$\frac{2,05}{52,3}$	$\frac{1,82}{46,4}$	$\frac{1,81}{46,2}$	$\frac{2,05}{52,3}$	$\frac{0,30}{7,7}$	$\frac{0,22}{5,6}$
Вещества, извлекаемые спирто-бензолом											
$\frac{16,09}{89,4}$	$\frac{15,36}{85,4}$	$\frac{15,36}{85,4}$	$\frac{14,28}{79,4}$	$\frac{14,10}{78,4}$	$\frac{8,51}{47,3}$	$\frac{8,74}{48,6}$	$\frac{8,96}{49,8}$	$\frac{9,32}{51,8}$	$\frac{9,24}{51,4}$	$\frac{6,92}{38,5}$	$\frac{5,24}{30,1}$
Гемицеллюлоза											
$\frac{6,23}{58,1}$	$\frac{5,36}{50,0}$	$\frac{5,95}{55,4}$	$\frac{5,29}{49,3}$	$\frac{3,44}{32,1}$	$\frac{3,37}{31,4}$	$\frac{3,29}{30,7}$	$\frac{2,98}{27,8}$	$\frac{2,64}{24,6}$	$\frac{2,66}{24,8}$	$\frac{2,29}{21,3}$	$\frac{2,14}{19,9}$
Клетчатка											
$\frac{14,32}{63,2}$	$\frac{9,82}{43,4}$	$\frac{7,69}{33,9}$	$\frac{6,63}{29,3}$	$\frac{6,46}{28,5}$	$\frac{5,98}{26,4}$	$\frac{5,71}{25,2}$	$\frac{5,81}{25,6}$	$\frac{5,95}{26,3}$	$\frac{4,44}{19,6}$	$\frac{3,81}{16,8}$	$\frac{2,36}{10,4}$
Лигнинный остаток											
$\frac{30,81}{142,5}$	$\frac{34,75}{160,4}$	$\frac{34,97}{161,5}$	$\frac{37,44}{172,8}$	$\frac{37,29}{172,2}$	$\frac{38,31}{176,9}$	$\frac{38,45}{177,5}$	$\frac{38,11}{175,9}$	$\frac{40,02}{184,8}$	$\frac{40,94}{189,6}$	$\frac{50,00}{230,8}$	$\frac{51,21}{236,4}$

Примечание. Крахмал отсутствовал во все сроки разложения.

первые 30 дней разложилось 11—18% гемицеллюлозы, то в опаде березы — 42%. Вероятно, сначала разлагаются фракции, наиболее доступные микроорганизмам, а труднодоступные остаются без изменений до конца наблюдений. Так, к 7 годам опыта в хвое ели осталось 23% гемицеллюлоз, в опаде березы — 20, мхе сфагнуме — 21%.

Содержание лигнина по мере компостирования растительного материала возрастает с 1-го срока наблюдений (табл. 4—6), что не согласуется с данными Е. С. Теплер и др. [9]. В работе этих авторов отмечено уменьшение количества лигнинного остатка по мере компостирования листьев дуба, клена, хвой ели и корней разнотравья. Авторы указывают, что полученные ими данные о содержании лигнина являются неточными из-за несовершенства метода определения.

Растительные остатки одновременно и разлагаются и вновь образуются или синтезируются. Мы пытались проследить скорость образования гумусоподобных веществ, извлекаемых из разлагающихся растительных остатков децинормальной щелочью. При сопоставлении данных о динамике разложения различных компонентов в процессе компостирования растительных остатков с данными об образовании веществ, извлекаемых 0,1 н. NaOH, прямой зависимости между ними не отмечено

Динамика содержания различных химических компонентов мха сфагнума
в процессе разложения (в числителе — % на сухое вещество,
в знаменателе — % от исходного)

Дни разложения										5 лет	7 лет
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300		
Белковые вещества (N×6,25)											
$\frac{5,50}{104,8}$	$\frac{5,50}{104,8}$	$\frac{5,50}{104,8}$	$\frac{5,50}{104,8}$	$\frac{5,58}{106,3}$	$\frac{4,87}{92,8}$	$\frac{4,87}{92,8}$	$\frac{5,25}{100,0}$	$\frac{5,31}{101,3}$	$\frac{5,56}{105,9}$	$\frac{7,69}{146,5}$	$\frac{4,44}{84,6}$
Вещества, извлекаемые водой											
$\frac{14,04}{66,5}$	$\frac{14,16}{67,0}$	$\frac{15,36}{72,7}$	$\frac{14,39}{68,1}$	$\frac{12,89}{61,0}$	$\frac{15,22}{72,1}$	$\frac{16,80}{79,5}$	$\frac{16,47}{78,0}$	$\frac{14,45}{68,4}$	$\frac{12,85}{60,8}$	$\frac{6,73}{31,9}$	$\frac{4,25}{20,1}$
Углерод фракции, извлекаемой водой											
$\frac{1,91}{44,2}$	$\frac{2,09}{48,4}$	$\frac{2,30}{53,2}$	$\frac{1,31}{30,3}$	$\frac{1,11}{25,7}$	$\frac{1,30}{30,1}$	$\frac{0,98}{22,7}$	$\frac{1,15}{26,6}$	$\frac{1,13}{26,2}$	$\frac{1,03}{23,8}$	$\frac{0,69}{16,0}$	$\frac{0,36}{8,3}$
Вещества, извлекаемые спирто-бензолом											
$\frac{12,71}{90,6}$	$\frac{12,84}{91,5}$	$\frac{12,98}{92,5}$	$\frac{11,14}{77,3}$	$\frac{12,11}{86,3}$	$\frac{6,69}{47,7}$	$\frac{6,53}{46,5}$	$\frac{5,93}{42,3}$	$\frac{4,80}{34,2}$	$\frac{4,63}{33,0}$	$\frac{4,58}{32,6}$	$\frac{5,02}{35,8}$
Гемицеллюлоза											
$\frac{14,56}{92,4}$	$\frac{11,39}{72,3}$	$\frac{9,94}{63,1}$	$\frac{8,36}{53,1}$	$\frac{8,19}{52,0}$	$\frac{8,97}{56,9}$	$\frac{5,17}{32,8}$	$\frac{3,78}{24,0}$	$\frac{4,35}{27,6}$	$\frac{4,53}{28,8}$	$\frac{3,66}{23,2}$	$\frac{3,26}{20,7}$
Клетчатка											
$\frac{13,50}{100,0}$	$\frac{13,13}{97,3}$	$\frac{11,07}{82,0}$	$\frac{8,64}{64,0}$	$\frac{8,30}{61,5}$	$\frac{8,17}{60,5}$	$\frac{6,85}{50,7}$	$\frac{5,46}{40,4}$	$\frac{5,21}{38,6}$	$\frac{3,79}{28,1}$	$\frac{2,83}{21,0}$	$\frac{2,56}{19}$
Лигнинный остаток											
$\frac{12,84}{117,4}$	$\frac{14,97}{136,8}$	$\frac{14,01}{128,1}$	$\frac{14,38}{131,4}$	$\frac{15,87}{145,1}$	$\frac{20,09}{183,6}$	$\frac{24,33}{222,4}$	$\frac{27,10}{247,8}$	$\frac{28,12}{257,1}$	$\frac{29,14}{266,2}$	$\frac{28,55}{260,8}$	$\frac{38,76}{254,3}$

П р и м е ч а н и е. Содержание крахмала на 30-е сутки разложения составило 0,05% на сухое вещество и 12,5% от исходного; во все остальные сроки разложения крахмал отсутствовал.

(табл. 4—7). Наибольшее количество веществ было экстрагировано 0,1 н. NaOH из исходных образцов хвой ели. Известно, что в 0,1 н. NaOH переходят не только собственно гумусовые вещества, но и другие соединения [10], возможно, часть воскоsmол и водорастворимых соединений. Исходя из этого можно предположить, что высокое содержание веществ, переходящих в щелочную вытяжку в хвое ели, может быть отнесено за счет водорастворимых и смолистых соединений. За 5 и 7 лет опыта в хвое ели значительно (в 5—6 раз) уменьшилась фракция веществ, извлекаемых водой и спирто-бензолом (табл. 4) и как следствие снизилась фракция, извлекаемая 0,1 н. NaOH, хотя при этом возможно увеличение количества гумусоподобных веществ в компостируемом материале. Одновременно уменьшается содержание углерода в веществах, переходящих в 0,1 н. NaOH (табл. 7). Однако содержание фракции, осаждаемой 0,1 н. H₂SO₄ и условно относимой к гуминовым кислотам, значительно возрастает по мере компостирования растительных остатков. Для суждения о свойствах гумусовых веществ большое значение имеет определение их оптической плотности. Этот показатель у

веществ, осаждаемых 1,0 н. H_2SO_4 , в хвое ели уже высокий в исходных образцах, но к 7 годам опыта он несколько увеличивается (табл. 7) Оптическая плотность веществ, не осаждаемых 1,0 н. H_2SO_4 , в исходных образцах низкая, по мере увеличения сроков компостирования она значительно возрастает (почти в 3 раза).

Количество веществ, извлекаемых 0,1 н. NaOH из опада березы практически не изменяется, при этом количество углерода в этих соединениях не уменьшается (табл. 7). К концу 7-го года наблюдений значительно (в 1,5 раза) возрастает фракция, осаждаемая 1,0 н. H_2SO_4 одновременно увеличивается оптическая плотность. У веществ, не осаждаемых H_2SO_4 , по мере разложения опада березы оптическая плотность возрастает почти в 3 раза (табл. 7).

Т а б л и ц а 6

Содержание веществ, извлекаемых 0,1 н. NaOH, в растительном материале в процессе минерализации

Срок разложения	Вещества, осаждаемые 0,1 н. NaOH + H_2O , мг	Содержание С во фракции 0,1 н. NaOH, мг	Содержание С			Е _С , мг на 1 мл фракции, осаждаемый 1,0 н. H_2SO_4	Е _С , мг на 1 мл фракции, не осаждаемый 1,0 н. H_2SO_4
			% от общей величины веществ, осаждаемых 0,1 н. NaOH	осаждаемого 1,0 н. H_2SO_4 , мг	не осаждаемого 1,0 н. H_2SO_4 , %		
Хвоя ели							
Исходная	427,8	176,9	41,1	21,7	12,3	7,21	0,81
5 лет	345,7	127,1	36,7	39,5	31,1	6,48	1,94
7 лет	349,1	115,8	33,2	37,6	32,5	7,90	2,36
Опад березы							
Исходный	438,7	175,8	40,5	34,2	19,5	4,56	1,14
5 лет	434,9	184,7	42,5	47,4	25,7	7,90	1,95
7 лет	443,0	179,5	40,5	54,5	30,4	7,50	3,07
Мох сфагнум							
Исходный	278,9	103,7	37,2	20,6	19,9	2,72	0,64
5 лет	380,0	134,7	35,4	32,5	24,1	6,90	0,91
7 лет	312,1	128,6	41,2	38,2	29,7	6,19	1,16

Наименьшее количество веществ, переходящих в щелочную вытяжку, содержится в негумифицированном мхе сфагнуме, для него характерна также и наиболее низкая оптическая плотность веществ, осаждаемых и не осаждаемых 1,0 н. H_2SO_4 (табл. 7). Однако по мере разложения мха количество веществ, экстрагируемых 0,1 н. NaOH, несколько возрастает. К концу опыта в щелочной вытяжке из мха удваивается количество веществ, осаждаемых 1,0 н. H_2SO_4 .

Таким образом, в процессе компостирования растительного материала возрастает количество веществ, осаждаемых 1,0 н. H_2SO_4 и условно относимых к гуминовым кислотам, а также их оптическая плотность. По содержанию этой фракции и степени разложения растительный материал можно расположить в следующем убывающем порядке: опад березы > хвоя ели > мох сфагнум.

Выводы

1. Скорость минерализации растительных остатков находится в прямой зависимости от их химического состава. Быстрее всего разлагается опад березы, медленнее — мох сфагнум, хвоя ели занимает промежуточное положение.

2. При компостировании хвои ели и опада березы в первую очередь разлагаются водорастворимые вещества, крахмал, урсоловые кислоты и клетчатка. При минерализации мха сфагнома прежде всего разлагаются вещества, извлекаемые водой, и крахмал.

3. В процессе минерализации растительных остатков разложение белковых веществ сопровождается ресинтезом микроорганизмами. В опаде березы и хвое ели содержание белковых веществ к 7-му году проведения опыта значительно увеличивается в результате иммобилизации минерального азота и свободных аминокислот.

4. Во фракции, извлекаемой 0,1 н. NaOH, количество гумусоподобных веществ, осаждаемых 1,0 н. H₂SO₄, возрастает в следующем порядке: опад березы > хвоя ели > мох сфагнум. Оптическая плотность веществ, осаждаемых и не осаждаемых 1,0 н. H₂SO₄, в процессе разложения растительных остатков увеличивается в 1,5—2 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова Л. Н. Гумусовые вещества почвы. Зап. ЛСХИ, 1970, т. 142, с. 14—22. — 2. Гапоненков Т. К., Сердечная К. И. Количественное определение различных форм галактуроновой кислоты в растениях. «Изв. вузов СССР», Пищевая технология, 1965, вып. 3, с. 170—173. — 3. Кононова М. М. Проблемы почвенного гумуса и современные задачи его изучения. М., Изд-во АН СССР, 1963. — 4. Кравков С. П. О процессах отщепления растворимых минеральных продуктов из разлагающихся растительных остатков. «Журн. опытной агрономии», 1908, кн. 5, т. IX, с. 569—626. — 5. Кравков С. П. Исследования в области изучения роли мертвого растительного покрова в почвообразовании. СПб, 1911. — 6. Кутузова Р. С. Освобо-

ждение растительного кремнезема и SiO₂ минералов при минерализации растительного опада. «Почвоведение», 1969, вып. 5, с. 56—66. — 7. Люжин М. Ф. Минерализация и гумификация растительных остатков в почве. Автореф. канд. дис., ЛСХИ, 1968. — 8. Пономарев В. В., Плотнокова Т. А. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах (минеральных и торфах). Л., ВАСХНИЛ, 1975. — 9. Теплер Е. З., Комаревцев А. Г., Симанова И. С. Процессы минерализации растительных остатков, характерных для подзоны южной тайги. «Изв. ТСХА», 1975, вып. 1, с. 121—125. — 10. Тюрин И. В. Органическое вещество почв и его роль в почвообразовании и плодородии. М.—Л., Сельхозгиз, 1937.

Статья поступила 4 апреля 1978 г.

SUMMARY

The changes in biochemical composition of the birch litter-fall, spruce needle, and white peat moss in composting plant residues for 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 months, 5 and 7 years were studied. It has been found that the rate of mineralization of plant residues is in direct correlation with their chemical composition. Birch litter-fall is decomposed most rapidly, white peat moss—more slowly. In composting spruce needle and birch litter-fall, water soluble substances, starch, uronic acids and cellulose are the first to decompose. In moss mineralization starch and the substances extracted by water decompose first. Decomposition of protein substances in the process of mineralization of plant residues is accompanied by their resynthesis by microorganisms. In decomposition of plant residues in the fraction extracted by 0.1 n. of NaOH the amount of humus-like substances settled by 1.0 n. of H₂SO₄ grows in the following order: birch litter-fall, spruce needle, white peat moss. In the process of decomposition of vegetation the optical density of the substances settled and not settled by 1.0 n. of H₂SO₄ increases 1.5—2 times.