

ОРИГИНАЛЬНЫЕ  
СТАТЬИ

УДК 630.114.351

**ФРАКЦИОННЫЙ И КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ  
ЛЕСНЫХ ПОДСТИЛОК  
ЕЛЬНИКОВ ЧЕРНИЧНЫХ ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ**

© 2013 г. Е. А. Соломатова

*Институт биологии КарНЦ РАН  
185910 Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11  
E-mail: erotaeva@mail.ru  
Поступила в редакцию 16.03.2012 г.*

Исследовалась структурно-функциональная организация лесных подстилок старовозрастных и нарушенных ельников черничных Карелии и Финляндии. На основании детального изучения свойств почв и лесных подстилок, в частности, мощности, морфологического строения, фракционного, компонентного и биохимического составов, зольности выявлены особенности формирования лесных подстилок, находящихся в различных экологических условиях.

*Лесные экосистемы, лесные подстилки, состав, образование лесных подстилок.*

В лесном почвоведении вопросы трансформации лесных подстилок до сих пор остаются актуальными. Современные российские и зарубежные исследователи в основном уделяют внимание процессам разложения, минерализации и гумификации органических остатков [1, 9, 14, 18, 20, 21, 29, 33–35]. Работ, посвященных морфологии лесных подстилок, немного из-за трудоемкости исследования [3, 17, 24–27]. Подстилка и продукты ее гумификации и минерализации играют большую роль в накоплении почвенного гумуса, а также влияют на его качественный состав, от которого зависит продуктивность леса. Накопление и зольный состав подстилок зависят не только от количества и состава опада, но и, в большей мере, от скорости разложения, условий минерализации опада и характера вымывания зольных элементов в почву при формировании подстилок. Скорость разложения варьирует в зависимости от состава опада (фракционного, зольного и биохимического), структуры фитоценоза, деятельности микроорганизмов и почвенных беспозвоночных, а также от почвенных, климатических и других условий местообитания.

В зависимости от степени выраженности того или иного процесса и формируется морфологический профиль лесной подстилки. Важнейшим представляется то, что подстилки отражают современный уровень функционирования лесных биогеоценозов.

Лаборатория экологии и географии почв в течение долгого времени исследовала строение и внутриэкосистемную пространственную вариабельность лесных подстилок Фенноскандии [24–26, 28]. В ходе исследований были охарактеризованы структуры, свойства и состав лесных подстилок ельников одного типа и некоторых вторичных лесов. В данной работе предпринимается попытка обобщения полученных данных по вещественному составу, химическим и биохимическим свойствам лесных подстилок, соотношения их с экологическими условиями формирования, а также систематизация в рамках современных систем классификации органофильей лесных почв.

#### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являлись почвы средней тайги Карелии и Южной Финляндии в пределах Балтийского (Фенноскандинавского) кристаллического щита. Рельеф районов имеет расчлененный характер, отличающийся частым чередованием холмов и гряд как денудационно-тектонического, так и водно-ледникового генезиса, с понижениями. Для территории характерно большое число мелких озер и болот. Климат на территории исследования умеренно континентальный с чертами морского.

Преобладающим типом растительности в Карелии и Финляндии являются хвойные леса, сре-



**Рис. 1.** Объекты исследований

1 – граница между северной и южной тайгой; 2 – участки исследований

ди которых сосновые занимают свыше 50%, еловые – около 25%. Самым распространенным из типов еловых лесов является ельник черничный, он занимает около 70% площади еловых лесов.

Исследования проводились на участке интегрированного мониторинга в районе Валкеа-Котинен (Южная Финляндия) (участок 1), в центральной Карелии на территории государственного природного заповедника “Кивач” (участки 2 и 3), Медвежьегорском районе вблизи озера Каскозеро (участок 4), Заонежье на о. Большой Климецкий (участок 5), районе п. Гомсельга (участок 6) (рис. 1). Участки 1–3 находятся на особо охраняемых природных территориях, участки 4, 5 – в

естественных условиях, участок 6 подвержен антропогенному влиянию (старая вырубка и современная рекреационная нагрузка). Характеристика участков дана в табл. 1.

В целях детального исследования лесных подстилок в пределах каждого участка были выбраны пробные площади. Для определения мощности лесной подстилки территории опытных участков были разбиты равномерной сеткой с шагом 1 м. Измерения производились с помощью прикопок. На участках 1–6 было проведено 400, 2916, 2916, 72, 6500, 2500 измерений мощности лесной подстилки соответственно.

Таблица 1. Характеристика участков

Показатель	Ельник черничный					Производный тип
	свежий				влажный	
	участок 1	участок 2	участок 3	участок 4	участок 5	участок 6
Площадь	25 × 30 м	54 × 54 м	54 × 54 м	50 × 50 м на 4 прб. плщ.	81 × 81 м	81 × 81 м
Почвообразующая порода	Пылевато-песчаная валунная морена	Суглинистая морена	Ленточная глина	Супесчаная завалуненная морена	Песчаная морена	Пылевато-песчаная морена
Возраст деревьев, лет	От 155 до 190	От 70 до 220	От 80 до 250	От 100 до 120	100	50
Формула древостоя	8Е+2Б+С	9Е+1С+Б	8Е+2Б	10Е+Б	10Е+Б+О	1Е+3С+3Б+3О
Подлесок	Нет	Нет	<i>Sorbus aucuparia</i> , <i>Roza acicularis</i>	<i>Sorbus aucuparia</i> , <i>Betula pendula</i> , <i>Juniperus communis</i>	Нет	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Betula pendula</i> , <i>Populus tremula</i> , <i>Sorbus aucuparia</i> , <i>Salix carpea</i> , <i>Picea abies</i> , <i>Juniperus communis</i>
Напочвенный покров	<i>Vaccinium myrtillits</i> , <i>Mainantheum bifolium</i> , <i>Oxalis acetossella</i> , <i>Gymnocarpium dryopteris</i> , зеленые мхи, особенно <i>Hylocomium splendens</i>	<i>Vaccinium myrtillits</i> на <i>Pleurozium schreberi</i> , пятна на <i>Avenella flexuosa</i> и <i>Oxalis acetossella</i>	Пятна <i>Pleurozium schreberi</i> и <i>Vaccinium myrtillits</i> , <i>Calamagrostis arundinacea</i> , <i>Avenella flexuosa</i> и <i>Oxalis acetossella</i> , <i>Carex digitata</i> , <i>Equisetum sylvaticum</i> , <i>Galium triflorum</i> , <i>Lycopodium annotinum</i>	Зеленые мхи, <i>Vaccinium myrtillits</i> , единично <i>V. vitis-idaea</i> , <i>Mainantheum bifolium</i> , <i>Avenella flexuosa</i>	<i>Vaccinium myrtillits</i> , <i>Oxalis acetossella</i> , разнотравье, единично <i>Fragaria vesca</i> , <i>Vicia cracca</i> , <i>Vaccinium vitis-idaea</i> , <i>Equisetum sylvaticum</i>	<i>Vaccinium myrtillits</i> , <i>V. vitis-idaea</i> , <i>Rubus saxatilis</i> , <i>Convallaria majalis</i> , <i>Dryopteris carthusiana</i> , <i>Fragaria vesca</i> , <i>Chamaenerion angustifolium</i> , <i>Paris quadrifolia</i> , <i>Oxalis acetossella</i> , <i>Trifolium alexandrinum</i> , мох <i>Sphagnum</i> , <i>Politrichum</i>
Проективное покрытие лесной подстилки, %	88	63	66	100	92	95
Строение подстилки	L≈F	L<F	L>F	L<F	L<F	L≈F/H
Почва	Подбур оподзоленный супесчаный	Подзол иллювиально-железистый, иллювиально-гумусово-железистый, иллювиально-железисто-гумусовый, супесчаный, суглинистый, глинистый	Поверхностно-подзолистая глинистая	Подзол иллювиально-железисто-гумусовый грунтово-оглеенный песчано-супесчаный	Вариация подбуров оподзоленных, подзолов иллювиально-железистых и иллювиально-гумусово-железистых песчаных с пятнами щебнистых и торфяно-глебовых почв	Подзол иллювиально-железисто-гумусовый пылевато-песчаный

Древесная растительность характеризовалась методами глазомерно-измерительной таксации. При описании напочвенного покрова составлялся список видов, обнаруженных на пробной площади, с указанием проективного покрытия почвы в процентах для каждого вида. Типы леса выделялись с учетом их региональной классификации [32]. Описание почв и отбор образцов для химических анализов проводился по стандартной методике.

В настоящей работе при диагностике почв использовалась региональная классификация почв и рабочее полуколичественное подразделение их по степени гидроморфизма [19, 26]. Характеристика и классификация подстилок проводилась по Л.Г. Богатыреву [4].

Фракционный состав подстилок определялся ситовым анализом, с последующим взвешиванием и вычислением процентного содержания фракций от общей массы сухого вещества. Компонентный состав устанавливался во фракциях (>10, 10–7, 7–5, 5–3, 3–2, 2–1 мм) под бинокулярным микроскопом в 3-кратной повторности, с последующим взвешиванием и вычислением процентного содержания компонента от общей массы сухого вещества.

Следует отметить, что к активной фракции относятся листья, хвоя, травянистые остатки, почки, труха, к неактивной – все другие компоненты; к неустойчивым – листья, травянистые остатки; к устойчивым – все другие компоненты. В структурном отношении условное деление на “активную” (<5 мм) и “пассивную” (>5 мм) фракции отражает общий характер их различий [12].

Химические свойства почв выявляли общепринятыми методами [2]. Биохимический состав подстилок устанавливался по методике, предложенной в руководстве “Проведение биохимического анализа растительных образцов” [20]. Чистая зола определялась на основании методических рекомендаций по определению запасов лесной подстилки и ее зольности при лесоводственных исследованиях [16].

Статистический анализ фракционного, компонентного и биохимического составов выполнен с использованием программы Microsoft Excel (2002).

Известно, что основные показатели лесорастительных свойств почв обусловлены мощностью лесной подстилки и гумусового горизонта, содержанием гумуса, составом обменных оснований, содержанием питательных веществ и микроэлементов, морфологическими особенностями

подстилающих горизонтов, влажностью. Для Карелии разработана оценочная (бонитировочная) шкала лесных почв Карелии [30], которая использовалась в данной работе.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Образование подстилки на участке 1 связано с генетическими особенностями почв. В лесной подстилке более интенсивно идут процессы минерализации, выщелачивания и гумусообразования, на что указывает морфологический профиль подстилки и почв. Подстилка маломощная (табл. 2), влажная, бурая, рыхлая, состоит из грубых растительных остатков, с преобладанием древесного опада и отмерших частей кустарничков и полукустарничков, пронизана корнями. Состоит в основном из двух подгоризонтов, местами встречаются тонкие гумифицированные прослойки, но не образующие отдельного подгоризонта: L – неразложившийся опад, сохранивший цвет растительных фрагментов; F состоит из обрывков и обломков опада, связанных корнями, смешана с минеральной частью почвы, плохо отделяется от нижележащего горизонта. Мощность подгоризонтов L и F приблизительно равна.

Особенности формирования лесных подстилок в ельнике черничном свежем на участке 2 связаны с развитием подзолов на суглинистой морене. Морфологический облик подстилок определяют каменистость почв, микрорельеф, условия дренажа и растительный покров. Если почва более влагоемка, в напочвенном покрове преобладают мхи, если менее влагоемка – не только мхи, но и кустарнички. Подстилка маломощная (табл. 2), влажная, бурая, рыхлая, с преобладанием остатков мха, древесного опада, пронизана корнями и мицелием грибов. Состоит из 2 подгоризонтов: L – неразложившийся опад, сохранивший цвет растительных фрагментов; F – слабо разложившаяся бурая масса, содержит угли. Плохо отделяется от нижележащего горизонта. Мощность подгоризонта L < F.

Образование лесных подстилок в ельнике черничном свежем на участке 3 связано с развитием поверхностно-подзолистой почвы на ленточных глинах. Морфологический облик подстилок определяют микрорельеф, условия дренажа и растительный покров. Подстилка маломощная (табл. 2), влажная, бурая, рыхлая, не слоистая, состоящая из не- и полуразложившегося древесного опада, а также остатков травянистой растительности. Пронизана корнями и мицелием грибов, плохо отделяется от нижележащего горизонта, хорошо смешана с почвенными агрегатами. Четкой гра-

**Таблица 2.** Мощность лесной подстилки исследуемых участков, см

Статистические характеристики	Ельник черничный					Производный тип
	свежий				влажный	
	Участок 1	Участок 2	Участок 3	Участок 4	Участок 5	
<i>n</i>	400	2916	2916	72	6500	2500
min	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.00
max	19.0	19.0	14.0	24.0	37.0	29.0
$\bar{x}$	3.2	3.8	2.4	12.1	10.7	4.2
$S_{\bar{x}}$	0.0	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1
med	3.0	3.5	2.0	12.0	10.2	1.0
$S^2$	6.7	14.0	6.6	16.4	38.5	4.5
<i>S</i>	2.6	3.7	2.6	4.1	6.2	2.1
<i>V</i> , %	81	99	107	33	58	51
$M_{д.г.}$	3.1÷3.3	3.6÷4.0	2.3÷2.5	11.0÷13.2	10.5÷10.9	4.1÷4.2

Примечание. *n* – количество измерений; max – максимальное значение; min – минимальное значение;

$\bar{x}$  – среднее арифметическое значение;  $S_{\bar{x}}$  – ошибка среднего арифметического; med – медиана;  $S^2$  – дисперсия; *S* – среднее квадратичное отклонение;

*V* – коэффициент вариации, %;  $M_{д.г.}$  – доверительные границы для среднего арифметического (*P*=0.98); критерий Стьюдента (*t*) – 2.46.

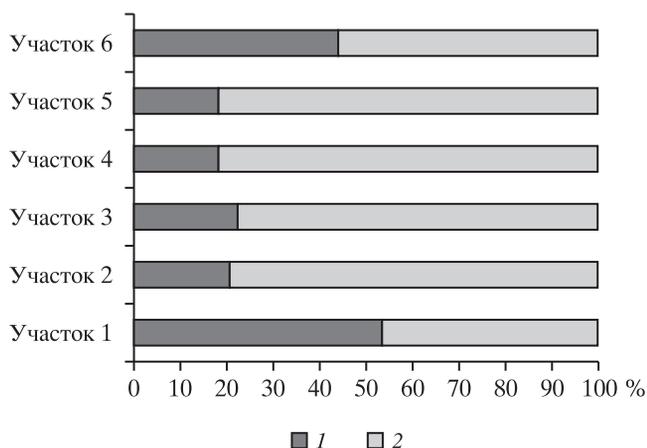
ницы между подгоризонтами L и F не обнаруживается. Мощность подгоризонта L>F.

Формирование лесных подстилок в ельнике черничном свежем на участке 4 определяется градиентом влажности почв. Подстилка мощная (табл. 2), влажная, бурая, уплотненная, состоящая из грубых растительных остатков древесного опада. Пронизана корнями и мицелием грибов. Четко подразделяется на 2 подгоризонта по цвету: L – слабо разложившийся, сохранивший большей ча-

стью цвет растительных фрагментов; F – средне разложившаяся темно-бурая масса. Подгоризонт L<F.

Образование лесных подстилок в ельнике черничном влажном на участке 5 определяется степенью влажности почв, связанной с уровнем залегания грунтовых вод, и богатством почвообразующих пород. Подстилка мощная (табл. 2), влажная, бурая, рыхлая, состоящая из грубых растительных остатков со слабыми признаками оторфованности, пронизана корнями. Четко подразделяется на 2 подгоризонта: L – слабо разложившийся опад, сохранивший большей частью цвет растительных фрагментов, F – среднеразложившаяся буровато-черная масса. Мощность подгоризонта L<F.

Формирование лесных подстилок в производном типе леса на участке 6 также определяется степенью влажности почв, связанной с уровнем залегания грунтовых вод, и богатством почвообразующих пород. Подстилка маломощная (табл. 2), влажная, черная, рыхлая, состоящая из полуразложившихся растительных остатков, переплетена корнями и мицелием грибов, имеет резко выраженную слоистость, четко подразделяется на 2 подгоризонта: L – полуразложивший-



**Рис. 2.** Фракционный состав лесных подстилок  
1 – фракция > 5 мм, 2 – фракция < 5 мм

ся, включающий большей частью сохранившиеся остатки древесного опада и полукустарников; F/H – средне разложившаяся черная масса. Подгоризонт L  $\approx$  F/H.

Фракционный состав лесных подстилок (рис. 2) показал, что на участках 2–5 преобладает “активная” (<5 мм) фракция, а на участках 1 и 6 содержания “активной” (<5 мм) и “пассивной” (> 5мм) фракций отличаются незначительно, что вполне коррелирует с содержанием в компонентном составе активной и неактивной фракций. Так, в ельнике черничном свежем (участок 1) и производном типе леса (участок 6) доля активной фракции в компонентном составе намного превышает долю неактивной фракции и составляет около 80%, а на других участках исследования доля неактивной фракции превышает или приблизительно равна доле активной фракции. Возможно, это связано с разными механизмами преобразования опада.

Результаты исследования компонентов в лесных подстилках показали, что компонентный состав лесных подстилок сильно варьирует в пределах одного типа леса – ельника черничного, а также в производном типе леса. Большую часть подстилок участков 1 и 6 (табл. 3) составляют измельченные растительные остатки (труха), участков 4 и 5 – корни. На участках 2 и 3 картина несколько другая. Большой процент от массы приходится на мох, ветки, корни. Также в подстилках наблюдается значительное содержание шишек, коры, почек и древесины. Это, по-видимому, связано с медленной минерализацией, так как в общем опаде ельников Карелии, по литературным данным [11], масса хвои и корней не превышает 10%, а масса коры, шишек, почек составляет менее 1%.

Как показали наши исследования, мозаичность растительного покрова оказывает существенное влияние на компонентный состав. Так, если в напочвенном покрове преобладают мхи – в составе подстилок их количество составляет около 60% по массе, если черника – увеличивается доля корней до 30% и листьев до 15%.

Структурный анализ компонентного состава показал, что, как правило, крупные фракции состоят из шишек, веток, корней, древесины. Выявилась общая закономерность для всех участков: максимальный процент хвои по массе приходится на фракцию 3–2 мм. На участках 1–3 труха обнаруживается в крупных фракциях. По-видимому, это связано с режимом увлажнения почв.

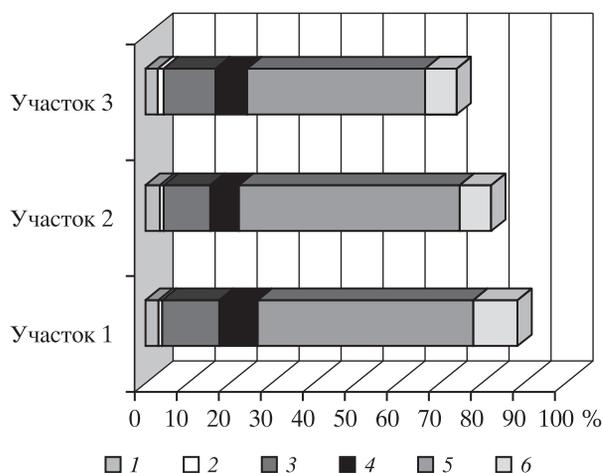
Большая изменчивость компонентного состава подстилок исследуемых участков отразилась на высокой вариабельности их общей зольности

**Таблица 3.** Содержание различных компонентов (% от сухой массы) в лесной подстилке

Компонент	Ельник черничный					Производный тип
	свежий				влажный	
	Участок 1	Участок 2	Участок 3	Участок 4		Участок 5
Листья	10.2	5.4	6.1	1.6	5.0	15.0
Хвоя	26.7	5.5	12.1	9.0	8.2	8.0
Травянистые остатки	–	1.4	9.6	–	–	1.7
Мох	1.2	28.9	11.2	–	7.5	–
Почки	3.0	2.7	2.7	1.4	2.4	0.8
Шишки	–	10.6	7.0	1.2	1.4	2.7
Ветки	11.5	16.2	16.9	–	–	4.3
Древесина	1.9	3.8	2.0	2.2	–	–
Кора	2.3	5.9	2.2	2.5	–	0.7
Труха	38.5	10.7	14.8	39.0	39.5	49.5
Корни	4.8	9.0	15.6	43.1	36.0	17.3
Всего, %	100	100	100	100	100	100

Примечание. “–” – компонент отсутствует.

(табл. 4). Наблюдается широкий размах значений. Наибольшая средняя зольность отмечена в ельнике черничном свежем (участок 3), что связано с малой мощностью подстилки (табл. 2), компонентным составом, в котором преобладает опад зеленой массы растений (табл. 3) и примесью минеральных частиц. Состав древесостоя, компонентный состав подстилок, в котором на листья



**Рис. 3.** Биохимический состав лесных подстилок  
1 – углерод, 2 – сахар, 3 – гемицеллюлоза, 4 – целлюлоза, 5 – “лигнин”, 6 – “сырой протеин”

**Таблица 4.** Содержание сырой золы в лесных подстилках исследуемых участков

Участок исследований	n	Слой подстилки	Общая зольность, %		
			минимальная	максимальная	средняя
1	12	L+F	7.1	19.0	11.8
2	14	L+F	2.4	34.0	10.7
3	15	L+F	2.4	39.5	22.8
4	16	L+F	7.8	45.7	16.5
	8	L	5.1	35.8	11.8
	8	F	10.5	55.5	21.3
	12	L+F	6.9	40.5	16.6
	6	L	6.3	31.1	13.1
6	6	F	7.5	49.8	20.1

Примечание. n – число проб.

и хвою приходится 22.9% от массы (табл. 3), обуславливают зольность на участке 6 в производном типе леса. Хотя на участке 4 средняя мощность подстилки 12.1 см, тем не менее, ее зольность довольно высока. Возможно, это связано с увеличением гидроморфности почв, что приводит к повышению содержания зольных элементов в растениях, в частности, в чернике [15, 18], содержание опада которой преобладает в компонентном составе лесных подстилок. На участках 1 и 2 содержание сырой золы вписывается в результат исследований прошлых лет, где средняя зольность для спелых ельников-черничников составляла 6–12% [10].

Размер фракций лесной подстилки также влияет на ее зольность. Зольность активной фракции выше, чем пассивной. Во-первых, пассивная фракция в основном состоит из шишек, веток, древесины, крупных корней, то есть из медленно минерализуемого опада с невысоким содержанием химических элементов. Во-вторых, зольность активной фракции повышается за счет количества минеральных примесей. Так, для участков 2 и 3 получены следующие данные средней зольности подстилки: для активной фракции – 11.6 и 29.6%, для пассивной – 4.6 и 2.4% соответственно.

Зольность лесной подстилки закономерно повышается от верхних горизонтов к нижним, что подтверждают результаты, полученные на участках 4 и 6 (табл. 4).

Как известно, помимо вертикальной изменчивости зольности лесной подстилки выражена пространственная ее неоднородность, связанная с пестротой растительного покрова [12, 13, 19]. Так, на участках леса с преобладанием в напочвенном покрове Плевроция Шребера зольность

колеблется от 2.4 до 7.4%. При этом фракция >5 мм состоит на 33.6%, а фракция <5 мм – на 68.7% из мха. На участках леса с преобладанием в напочвенном покрове черники зольность лесной подстилки варьирует от 11.2 до 18.0%, вейника лесного – от 30.9 до 39.5%, майника двулистного – от 11.5 до 17.3%, луговика извилистого – от 30.2 до 32.0%. Следует отметить, что на участках леса с травянистой растительностью доля активной фракции подстилки увеличивается до 97% от массы.

Результаты исследования биохимического состава показали (рис. 3), что среднее содержание растворимых в органических растворителях углеводов в лесной подстилке на участке 1 составляет 23.5%, на участке 2 – 18.5%, на участке 3 – 21.2%.

Количество водорастворимых сахаров в подстилке колеблется от 0.6% (участок 1) и 0.9% (участок 2) до 1.5% (участок 3). Более половины всего количества углеводов находится в форме гемицеллюлозы. Содержание целлюлозы варьирует от 6.4% (участок 2) и 7.3% (участок 3) до 9.1% (участок 1). Минимальное количество лигнина (42.3%) содержится в подстилке ельника черничного на участке 3. Это вполне объясняется компонентным составом подстилок, в котором увеличивается доля травянистых остатков (табл. 3). На участках 2 и 3 количество лигнина в подстилках почти одинаковое – 52.7% и 50.9% соответственно. Это близко совпадает с ранее исследованным фракционным составом подстилок ельника черничного [11].

Содержание водорастворимого углерода в подстилках на участках 1 и 3 почти совпадает – (2.8 и 2.7%), на участке 2 несколько выше (3.3%). Такая же тенденция прослеживается и с содержанием в подстилках “сырого протеина” на участках 2 и 3 с максимумом на участке 1.

Изучение биохимического состава активной (<5 мм) и пассивной (>5 мм) фракций показало, что в пассивной фракции доли растворимых углеводов и водорастворимого углерода выше, чем в активной. С содержанием лигнина такая закономерность в данном исследовании не выявлена.

Биохимический состав некоторых компонентов лесной подстилки изучен на участке 1. Установлено, что минимальное количество растворимых углеводов и лигнина содержится в коре и древесине, максимальное количество водорастворимого углерода – в хвое. Биохимический состав других компонентов почти одинаков. В хвое лесной подстилки содержание гемицеллюлозы и

целлюлозы равно, соответственно, 13.0 и 11.3%, лигнина – 49.6%.

Биохимический состав лесных подстилок ельников черничных свежих показывает, что существенная роль принадлежит лигнину. При этом обращает на себя внимание, что с увеличением возраста (участок 1) увеличивается доля “сырого протеина”. Интересно отметить, что в лучших условиях почвообразования (участок 3), где процессы гумификации идут более интенсивно, при самой минимальной мощности подстилки содержание лигнина наименьшее.

Таким образом, из результатов исследования хорошо видно, что наиболее благоприятные условия для гумификации и минерализации растительных остатков складываются на участках 1 и 3, в подстилках которых концентрируется наибольшее количество растворимых углеводов и соотношение лигнина и углеводов сужается.

Следует заключить, что изменения биохимического состава подстилок одного типа леса – ельника черничного свежего обусловлены рядом особенностей. Во-первых, существенная роль принадлежит разнообразию наземного растительного покрова, сформированного на разных почвообразующих породах и почвах, во-вторых, составу опада и условиям разложения.

Подстилка на всех участках исследования кислая: 1 –  $pH_{KCl}$  3.3; 2 –  $pH_{KCl}$  3.2–3.4; 3 –  $pH_{KCl}$  3.4–4.5; 4 –  $pH_{KCl}$  3.0–3.2; 5 –  $pH_{KCl}$  2.9–3.0; 6 – слабокислая  $pH_{H_2O}$  5.7.

Отношение C:N широкое: участок 1 – 31.2%; участок 2 – 30.6–31%; участок 3 – 24.3–30%; участок 4 – 27.5%; участок 5 и 6 – 22.1%.

**Заключение.** Известно, что мощность лесной подстилки и подзолистого горизонта в ельниках черничных увеличивается с нарастанием влажности почв и уменьшается при увеличении трофности лесных экосистем [30]. В пределах одного типа леса мощность горизонтов почвы варьирует. По мере увеличения в напочвенном покрове доли мхов возрастает мощность подстилки и подзолистого горизонта. Появление травянистых растений приводит к уменьшению мощности лесной подстилки и появлению горизонта  $A_1B$ , в котором совмещаются процессы аккумуляции почечного гумуса и иллювиирования железа.

Во фракционном составе большая часть массы подстилок приходится на “активную” фракцию, кроме участков 1 и 6, где масса “активной” и “пассивной” фракций подстилок приблизительно равны.

Большую часть массы лесных подстилок в автоморфных условиях составляет опад древесных растений (46.2–52.6%). С повышением увлажнения доля древесного опада снижается до 16.5–30.6%, но увеличивается доля корней (38.5–43.1%). В компонентном составе труха преобладает на почвах более легкого механического состава (35.0–49.5%).

Большую часть массы подстилок составляет опад древесных растений. В компонентном составе подстилок на участках исследования 1, 4–6 значительная доля принадлежит трухе. Следует отметить, что больше всего трухи на почвах более легкого механического состава, независимо от степени их плодородия.

Установлено, что в подстилках ельников черничных преобладают лигнин и гемицеллюлоза, третье место занимает целлюлоза. С повышением трофности лесных экосистем в подстилках несколько возрастает количество гемицеллюлозы и наблюдается уменьшение содержания лигнина.

Результаты исследования показали, что по мере увеличения влажности подстилок повышается их кислотность до  $pH_{KCl}$  2.9–3.0, накапливается больше обменных водорода (до 5.6–7.0 мг · экв/100 г<sup>-1</sup>) и алюминия (1.2–4.0 мг · экв/100 г<sup>-1</sup>), увеличивается гидролитическая кислотность (до 131.3–135.6 мг · экв/100 г<sup>-1</sup>), снижается степень насыщенности основаниями (до 11–14%).

Касаясь общих черт в подстилкообразовании, можно заключить, что главное в условиях средней тайги – это преобладание в подстилках процессов деструкции, минерализации и выщелачивания, что приводит к формированию грубогумусного типа органофилия. По классификации О.Г. Чертова по типам гумуса [31] все исследуемые лесные подстилки относятся к грубогумусным, на участках 4 и 5 – к влажным грубогумусным.

Тем не менее изучение морфологического строения, а также компонентного, фракционного и биохимического составов показало, что лесные подстилки исследованных ельников черничных и производного типа леса по классификации подстилок Л.Г. Богатырева [4] относятся к четырем типам. Особенностью классификации является то, что в ней используется не только строение подстилки, но и характер формирования гумусового горизонта на уровне подтипа, что, несомненно, важно для понимания органофилия почвы в целом. Лесная подстилка в ельнике черничном свежем на участке 1 определяется как деструктивная слабосопряженная, маломощная, листовенно-хвойная, на участке 2 – ферментативная несопряженная, маломощная, хвойно-моховая,

на участке 3 – деструктивная слабосопряженная, маломощная, мохово-хвойная, на участке 4 – ферментативная несопряженная, мощная, хвойная, в ельнике черничном влажном на участке 5 – торфянистая несопряженная, мощная листовенно-хвойная, в производном типе леса на участке 6 – гумифицированная несопряженная, маломощная, хвойно-лиственная.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александрова Л.Н.* Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука, 1980. 287 с.
2. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М., Изд-во Московского ун-та, 1961. 492 с.
3. *Благовещенский Ю.Н., Богатырев Л.Г., Соломатова Е.А., Самсонова В.П.* Пространственная вариабельность лесной подстилки в лесах Карелии // Почвоведение. 2006. № 9. С. 925–930.
4. *Богатырев Л.Г.* О классификации лесных подстилок // Почвоведение. 1990. № 3. С. 118–127.
5. *Вайчис М.В.* Морфология почв и продуктивность сосняков в условиях Литовской ССР // Тр. Лит. НИИ лесного хоз-ва. 1981. Т. 20. С. 57–65.
6. *Вайчис М.В., Онюнас В.М.* Типы лесных подстилок и их связь с почвами и лесами в южной Прибалтике // Почвоведение. 1977. № 2. С. 93–99.
7. *Вайчис М.В., Руткаускас А.Ю.* Запасы питательных веществ в почвах и их влияние на производительность сосновых и еловых лесов Литвы // Почвоведение. 1971. № 2. С. 79–93.
8. *Грачева Р.Г., Таргульян В.О.* Макро- и мезоморфологическая диагностика почв и элементарных почвообразовательных процессов в ряду бурозем – подбур // Почвообразование и выветривание в гумидных областях. М.: Наука. 1978. С. 103–121.
9. *Гришина Л.А., Котчик Г.Н., Макаров М.И.* Трансформация органического вещества почв. М.: Изд-во Московского ун-та, 1990. 88 с.
10. *Егорова Н.В.* Запасы, состав опада и подстилок в березово-еловых и еловых насаждениях южной Карелии // Тр. Всесоюз. научн. конф. по лесному почвоведению “Лес и почва”. Красноярск: Изд-во, 1968. С. 268–275.
11. *Казимиров Н.И., Морозова Р.М.* Биологический круговорот в ельниках Карелии. Л.: Наука, 1973. 176 с.
12. *Карпачевский Л.О.* Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе. М.: Изд-во Московского ун-та, 1977. 312 с.
13. *Карпачевский Л.О., Зубкова Т.А., Ташинова Л.Н., Руденко Р.Н.* Почвенный покров и парцеллярная структура лесного биогеоценоза // Лесоведение. 2007. № 6. С. 107–113.
14. *Кузнецов М.А.* Влияние условий разложения и состава опада на характеристики и запас подстилки // Лесоведение. 2010. № 6. С. 54–60.
15. *Манаков К.Н.* Поступление азота и зольных элементов с опадом в лесах Кольского полуострова // Почвоведение. 1962. № 4. С. 55–61.
16. Методические рекомендации по определению запасов подстилки и ее зольности при лесоводственных исследованиях. М.: Мзд-во, 1979. 38 с.
17. *Морозова Р.М.* Запас и зольный состав лесных подстилок в еловых насаждениях // Почвенные исследования в Карелии. Петрозаводск: Изд-во, 1974. С. 119–142.
18. *Морозова Р.М.* Минеральный состав растений лесов Карелии. Петрозаводск: Изд-во, 1991. 100 с.
19. *Морозова Р.М., Федорец Н.Г.* Современные процессы почвообразования в хвойных лесах Карелии. Петрозаводск: Изд-во, 1992. 284 с.
20. *Мухортова Л.В.* Анализ трансформации лесной подстилки в 25-летних хвойных культурах // Лесоведение. 2008. № 2. С. 36–44.
21. *Орлов Д.С.* Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во Московского ун-та, 1990. 325 с.
22. *Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И.* Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: Наука, 1996. 256 с.
23. Проведение биохимического анализа растительных образцов. Л.: Изд-во, 1979. 44 с.
24. *Сидорова В.А., Соломатова Е.А.* Пространственная вариабельность лесной подстилки в ельниках Восточной Фенноскандии // Экологические функции почв Восточной Фенноскандии. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2000. С. 133–141.
25. *Соломатова Е.А.* Лесные подстилки и почвы спелых ельников черничных свежих заповедника “Кивач” // Природа государственного заповедника: Тр. КарНЦ РАН. Петрозаводск: Изд-во, 2006. Вып. 10. С. 116–130.
26. *Соломатова Е.А.* Почвы еловых лесов Восточной Фенноскандии // Экология и география почв. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2009. С. 66–90.
27. *Соломатова Е.А., Сидорова В.А.* Пространственная вариабельность лесных подстилок ельников черничных Восточной Фенноскандии // Геостатистика и география почв. М.: Наука, 2007. С. 81–91.
28. *Соломатова Е.А., Красильников П.В., Сидорова В.А.* Строение и пространственная вариабельность лесной подстилки в ельнике черничном зеленомошном Средней Карелии // Почвоведение. 1999. № 6. С. 764–773.
29. *Ушакова Г.И.* Влияние условий на скорость и характер разложения лесной подстилки (Кольский

- полуостров) [Еловые и сосновые леса] // Почвоведение. 2000. № 8. С. 1009–1015.
30. Федорец Н.Г., Морозова Р.М., Синькевич С.М., Загуральская Л.М. Оценка продуктивности лесных почв Карелии. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2000. 195 с.
31. Чертов О.Г. Экология лесных земель. Л.: Наука, 1981. 190 с.
32. Яковлев Ф.С., Воронова В.С. Типы лесов Карелии и их природное районирование. Петрозаводск: Изд-во, 1959. 190 с.
33. Berg B. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils // Forest Ecology and Management. 2000. V. 133. N 1–2. P. 13–23.
34. Berg B., McLaugherty C. Plant litter. Decomposition, humus formation, carbon sequestration. Berlin. Heidelberg. 2nd ed. Springer-Verlag. 2008. 340 p.
35. Johansson M.B., Berg B., Meentemeyer V. Litter mass-loss rates in late stages of decomposition in a climatic transect of pine forests. Long-term decomposition in a Scots pine forest. IX // Can. J. Bot. 1995. V.73 (10). P. 1509–1521.

## Some Features of Litter Formation in Bilberry Spruce Forests of Eastern Fennoscandia

E. A. Solomatova

The structural-functional organization of forest litters in old-growth and disturbed bilberry spruce forests were studied in Karelia and Finland. Specific features characterizing the formation of forest litters under different ecological conditions were revealed based on the detailed studies of the soils and litter properties (depth, morphological structure, fractional, component, biochemical composition, and ash content).

*Forest ecosystems, forest litters, composition, formation of forest litters.*