

На правах рукописи



СОЛОМАТОВА ЕЛЕНА АНАТОЛЬЕВНА

**СТРОЕНИЕ, СОСТАВ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ  
ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ЛЕСНЫХ ПОДСТИЛОК  
ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ**

Специальность 03.00.27 - почвоведение

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

ПЕТРОЗАВОДСК-2004

Работа выполнена на кафедре общего почвоведения факультета почвоведения Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

Научный руководитель: Кандидат биологических наук,  
доцент Л.Г. Богатырев

Официальные оппоненты: д.б.н. Н.В. Лукина  
д.б.н. В.П. Самсонова

Ведущее учреждение: Институт лесоведения РАН

Защита диссертации состоится "13" марта 2004 года в 15<sup>30</sup> часов на заседании диссертационного совета К'501.001.04. Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова по адресу; 119992, Москва, Ленинские горы, МГУ, факультет почвоведения, Ученый совет.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке факультета почвоведения Московского государственного университета

Автореферат разослан "10" марта \_\_\_\_\_

Ученый секретарь  
диссертационного совета

к.б.н. Л.Г. Богатырев

2005-4  
17853

899053

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность.** Особое место в лесных биогеоценозах принадлежит лесным подстилкам, которые во многом определяют не только генезис лесных почв, но и продуктивность лесных насаждений. Изучением отдельных свойств лесных подстилок в лесах Карелии занимались Куликова, Егорова, 1965; Егорова, 1968; Куликова, 1971; Морозова и др., 1972; Морозова, 1974; Казимиров, Морозова, 1973 и др. Вместе с тем, детальные сведения о лесных подстилках еловых лесов Карелии до сих пор являются далеко не полными.

**Цель исследований:** Изучение структурно-функциональной организации лесных подстилок еловых экосистем Карелии.

### **Задачи исследований:**

- 1) изучение строения, состава и свойств лесных подстилок еловых экосистем;
- 2) выявление особенностей формирования лесных подстилок еловых экосистем;
- 3) составление карта-схемы основных типов лесных подстилок Карелии на основании классификации Л.Г. Богатырева.

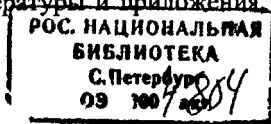
**Научная новизна работы.** Впервые выполнены исследования лесных подстилок малонарушенных еловых лесов Восточной Финноскандии. Выявлены особенности формирования лесных подстилок, находящихся в различных экологических условиях. На основе анализа литературного материала по северной и средней тайге составлена карта-схема типов лесных подстилок Карелии.

**Практическая значимость.** Полученные данные можно использовать для оценки лесных земель и прогнозирования возможного изменения цикла углерода.

**Апробация.** Основные положения диссертации представлены на международном семинаре "Роль девственной наземной биоты в современных условиях глобальных изменений окружающей среды: Биотическая регуляция окружающей среды." (Петрозаводск, 1998), на международной конференции "Биологические основы изучения, освоения и охраны животного и растительного мира, почвенного покрова Восточной Финноскандии" (Петрозаводск, 1999), на III съезде ДОП (Суздаль, 2000), на 17 международном конгрессе почвенных наук (Бангкок, 2002), на всероссийской конференции "Наука и образование - 2003" (Мурманск, 2003).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 11 работ.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, выводов, списка литературы и приложения, изложена



на 295 страницах, содержит 66 таблиц и 35 рисунков. Список литературы включает 332 источника, в том числе 53 зарубежных.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю к.б.н. доценту Л.Г. Богатыреву за помощь в работе, особую благодарность д.б.н. О.Г. Чертову за консультационную поддержку, признательность к.б.н. П.В. Красильникову, доктору Михаилу Старру, к.б.н. А.В. Марковскому, а так же коллективу лаборатории экологии и географии почв Института биологии КарНЦ РАН.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава I. РОЛЬ ПОДСТИЛОК В ЛЕСНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗАХ

В первой части литературного обзора лесная подстилка рассматривается как компонент лесных экосистем (Степанов, 1929; Евдокимова, 1957; Шумаков, 1958; Кошельков, 1961; Ремезов, 1965; Сукачёв, 1964; Чертов, 1974, 1977, 1981; Владыченский, 1975; Карпачевский, 1981; Гришина, 1982, 1983, 1986; Сапожников, 1985, 1987; Зонн, 1974, 1983; Розанов, 1983; Дылис, 1983; Шумаков, 1983; Селиванова, 1983; Никонов, 1986; Богатырёв, 1990, 1992, 1993, 1996; Артёмова, 1998; Мартыненко, 2000; Коломыц и др., 2000; Бобкова, Окунева, 2000 и др.).

Вторая часть литературного обзора посвящена еловым экосистемам и лесным подстилкам еловых экосистем. Преобладающим типом растительности в Карелии являются хвойные леса, среди которых сосновые занимают 61%, еловые 28%. Еловые экосистемы Карелии изучены достаточно хорошо (Яковлев, Воронова, 1959, Казимиров, 1971, Казимиров и др., 1977 и др.) и подразделяются на две основные зональные группы типов лесов: северотаёжную и среднетаёжную. Материалы по почвам этих лесов достаточно обширны (Марченко, 1962; Левкина, Яковлев, 1965; Казимиров, 1971; Лазарева, 1971; Морозова и др., 1971; Казимиров, Морозова, 1973; Морозова, Казимиров, 1975; Иванова, 1976; Морозова и др., 1979; Морозова, 1981; Морозова, 1991; Федорев и др., 2000 и др.) и показывают важную роль подстилок в генезисе почв.

Обычно лесную подстилку еловых экосистем рассматривали в связи с изучением биологического круговорота, продуктивности почв, процессов разложения растительных остатков (Градусов, 1958; Зонн, Карпачевский, 1964; Руднева и др., 1966; Кошельков, 1964; Куликова, 1971; Казимиров, Морозова, 1973; Крупская, Сапожников, 1973; Слобода и др., 1973; Бобкова, Надуткин, 1977; Кыдар, 1978; Владыченский, 1975; Гришина, Владыченский, 1979; Андреев и др., 1984; Слобода, 1985;

Кылли, 1986; Попова, Горбачёв, 1988; Шенина, 1989; Фирсова и др, 1993; Бобкова, 1994; Ушакова, 1995; и др.).

Непосредственно работ, посвященных исключительно изучению лесной подстилки еловых лесов, немного. В частности, встречаются работы по изучению отдельных свойств лесных подстилок в лесах Карелии (Куликова, Егорова, 1965; Егорова, 1968; Куликова, 1971; Морозова и др., 1972; Морозова, 1974; Казимиров, Морозова, 1973 и др.). В основном, объектами исследования служили средневозрастные ельники.

## **Глава II. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **2.1. Общая характеристика района исследования**

Исследования проводились в среднетаёжной подзоне Карелии и Южной Финляндии, расположенных на Балтийском кристаллическом щите. Рельеф имеет расчленённый характер, отличающийся частым чередованием холмов и гряд как денудационно-тектонического, так и водноледникового генезиса с понижениями. Для территории характерно большое количество мелких озёр и болот.

Среднетаёжная подзона относится к Центральному агроклиматическому району. В целом, климат характеризуется коротким прохладным летом и продолжительной зимой (150-190 дней), достаточным количеством осадков, значительной облачностью и неустойчивой погодой в течение большей части года. Количество осадков в год 600-700 мм, коэффициент увлажнения 1,2; сумма температур выше +5°C за вегетационный период 1600-1700°C, а выше +10° - 1400-1600°; средняя температура воздуха в январе -11... -11,5°C, в июле +15 ... +16°C.

### **2.2 Объекты исследования**

Исследования проводились на шести ключевых участках:

**Участок 1** (25x30 м) расположен на территории интегрированного мониторинга Валкеа-Котинен. Почвообразующая порода представлена пылевато-песчаной валунной мореной. Лес определен как ельник черничный свежий. Возраст деревьев 155-190 лет. Формула древостоя 8Е+2Б+С. Почвы - подбуры оподзоленные супесчаные. Обильны выходы коренных пород.

**Участок 2** (54x54 м) расположен на территории заповедника Кивач. Почвообразующей породой является суглинистая морена. Лес определен как ельник черничный свежий. Возраст деревьев от 70 до 220 лет. Формула древостоя 9Е+1С+Б. Почвы - подзолы иллювиально-железистые, иллювиально-гумусово-железистые, иллювиально-железисто-гумусовые супесчаные и суглинистые.

**Участок 3** (54x54 м) расположен на территории заповедника Кивач. Почвообразующая порода представлена ленточными глинами. Лес определен как ельник черничный свежий. Возраст древостоя от 80

до 250 лет. Формула древостоя 8Е+2Б. Почва - поверхностно-подзолистая глинистая.

**Участок 4** (2500 м<sup>2</sup>) представляет собой останец елового леса на крутой моренной гряде на берегу озера Каск. Почвообразующая порода - супесчаная завалуненная морена. На глубине 1,2-1,5 м моренные отложения подстилаются диоритовой скалой. Лес определен как ельник черничный свежий. Формула древостоя 10Е + Б. Возраст деревьев 100-120 лет. Почвы представляют собой подзолы иллювиально-железисто-гумусовые оглеенные песчано-супесчаные.

**Лес участка 5 (81x81 м)** (о. Б. Климецкий) определен как ельник черничный влажный. Почвообразующей породой является песчаная морена. Формула древостоя 10Е+Б+О. Возраст деревьев 100 лет. Почвы представлены вариацией подбуров оподзоленных, подзолов иллювиально-железистых и иллювиально-гумусово-железистых песчаных. Усложнен пятнами щебнистых и торфяно-глеевых почв.

Территория **участка 6 (81x81 м)** (Гомсельга) была покрыта еловым лесом, который был почти полностью уничтожен вырубками. Почвообразующая порода представлена пылевато-песчаной мореной. В настоящее время участок исследования занят вторичным лесом. Определен как производный тип возрастом 50 лет. Формула древостоя Ш+3С+3Б+3О. Почва - подзол иллювиально-железисто-гумусовый пылевато-песчаный.

### **2.3. Методы исследования**

#### **2.3.1. Полевые методы исследования**

Для определения мощности лесной подстилки территории опытных участков были разбиты равномерной сеткой с шагом 1 м. Измерения производились с помощью прикопок. На участках 1, 2, 3, 4, 6 было проведено 400, 2916, 2916, 6500, 2500 измерений мощности лесной подстилки соответственно. На территории участка 5 было сделано 72 измерения мощности подстилки. Для характеристики почв ключевых участков закладывались основные разрезы. Описание почв и отбор образцов для химических анализов проводился по стандартной методике (Практикум по почвоведению, 1964).

При описании напочвенного покрова составлялся список видов, обнаруженных на пробной площади с указанием проективного покрытия в процентах для каждого вида. Типы леса выделялись с учетом их региональной классификации (Яковлев, Воронова, 1959).

#### **2.3.3. Математические методы исследования**

Для определения пространственной вариабельности мощности подстилки использовался геостатистический метод определения полудисперсии (semivariance) свойств в зависимости от расстояния между точка-

ми (Джонгман и др., 1999; Burgess, Webster, 1980; Oliver, Webster, 1991; Wilding, Dress, 1983). Геоestatистическая обработка полученных данных выполнена в программе, составленной на основе программ Variowin (версия 2.2, 1996), Spatalanal (1993), Wlsfit (версия 3.5, 1992). Геоestatистический метод базируется на статистической интерпретации данных и работает с пространственными переменными, что позволяет решить ряд задач пространственно распределенной информации (Каневский и др., 1999)

Структурная функция рассчитывалась по формуле:

$$\gamma(h) = 1/(2 N(h)) \sum [z(x_i) - z(x_i + h)]^2, \quad [1]$$

где  $z$  - варьирующая величина,  $z(x_i)$  и  $z(x_i + h)$  - результаты измерений в точках  $x_i$  и  $x_i + h$ , а  $N(h)$  - количество пар точек, разделенных расстоянием  $h$  (обозначаемом как lag  $h$ ). Структурная функция является средней мерой схождения значений признака в точках, разделенных расстоянием  $h$ .

На основании полученных данных строились семивариограммы - графики зависимости  $\gamma(h)$  от величины смещения  $h$ . Графическое изображение пространственного распределения лесных подстилок выполнено в программе Surler Win 7 (1999).

Статистический анализ компонентного, фракционного и биохимического состава выполнен в программе Excel (2002).

### Глава III. РИЗУЛТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

#### 3.1. Основные характеристики лесных подстилок

##### 3.1.1. Мощностъ лесных подстилок

Для оценки и сравнения реальной пространственной вариабельности лесной подстилки в ельниках черничных и производном типе леса Восточной Фенноскандии мощностъ подстилки берется в качестве критерия, позволяющего описать пространственную неоднородностъ лесной подстилки.

Статистические параметры, характеризующие вариабельностъ мощностъ лесной подстилки представлены в табл. 1. Высокое варьирование значений мощностей лесной подстилки свидетельствует о разнообразном проявлении процессов её образования внутри одного типа леса в зависимости от экологических условий. Наибольшей вариабельностъю отличаются ельники черничные свежие (Кивач 1, Кивач 2, Валкеа-Котинен), где коэффициент вариации мощностъ подстилки достигает 107%, 99% и 81% соответственно. С увеличением увлажнения почв мощностъ подстилки стабилизируется, коэффициент вариации её мощностъ уменьшается до 33% и 58% (Каскозеро, Б. Климецкий). В производном типе леса (Гомсельга) коэффициент вариации мощностъ подстилки равен 51%. Минимальное значение мощностъ подстилки отмечено на всех участках, кроме участка 4 (Каскозеро) что, по видимому, связано с малой площадью и небольшим количеством измерений.

Отсутствие подстилки отмечается при попадании точки измерения на ствол, вывал, поваленное дерево, выход коренных пород и др. Максимальная мощность подстилки выявлена в ельнике черничном влажном (участок Б. Климецкий) и равна 37 см. Увеличение мощности подстилки на данном участке связано с повышением степени увлажнения почв зависимой от уровня залегания грунтовых вод.

Таблица 1

Мощность лесной подстилки исследуемых участков, см

Статистические характеристики	Ельник черничный свежий				Ельник черничный влажный	Производный тип
	Валкеа-Котинен	Кивач 1	Кивач 2	Каскозеро	Большой Климецкий	Гомсельга
n	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
S	2,6	3,7	2,6	4,1	6,2	2,1
V, %	81	99	107	33	58	51
$M_{д.г.}$ P=0,98	3,11+3,25	3,64+3,96	2,29+2,51	10,96+13,24	10,53+10,89	4,09+4,21

Средняя мощность подстилки колеблется от 12,1 см в ельнике черничном свежем (Каскозеро) и 10,7 в ельнике черничном влажном (Б. Климецкий) до 4,2 см в производном типе (Гомсельга), 3,80 см в ельнике черничном свежем (Кивач 1), 3,2 см в ельнике черничном свежем (Валкеа-Котинен) и 2,4 см в ельнике черничном свежем (Кивач 2) (табл. 1).

По данным для всех шести участков были рассчитаны  $y(h)$  и построены семивариограммы. Результаты показывают высокий разброс значений, кото-



рый не может быть описан с помощью упрощённой модели закономерного изменения мощности подстилки от ствола к кроне эдификатора.

$\gamma(h)$  мощности подстилки для участка 1 (ельник черничный свежий, Валкеа-Котинен) дает семивариограммы, отражающие практически 100% нагетт-эффект (рис. 1). Семивариограмма описывается линейной моделью, причем наклон прямой незначителен:

$$\gamma(h) = 6,42 + 0,0149h \quad [2]$$

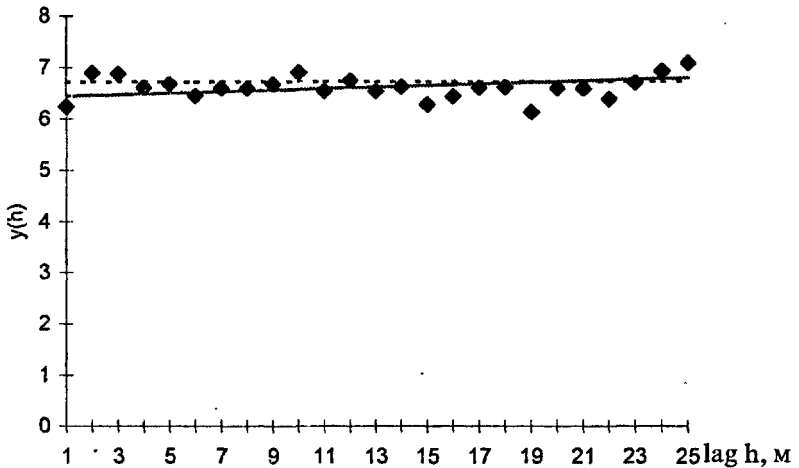


Рис. 1. Семивариограмма  $y(h)$  мощности лесной подстилки для участка 1 (ельник черничный свежий, Валкеа-Котинен)

Здесь и далее - точки - расчетные данные  
сплошная линия - модельная семивариограмма  
пунктир - значение дисперсии

Значение остаточной дисперсии 6,42 практически совпадает с пороговым значением и со значением дисперсии 6,72 (табл. 2). Можно сделать вывод о том, что вариации мощности подстилки не могут быть отделены от вариаций некоррелируемой случайной переменной, то есть для выбранного шага выборки (1 м) нельзя отделить крупномасштабную вариацию от "шума". Происходит варьирование данных вокруг среднего значения 3,18 (табл. 2).

Семивариограмма для участка 2 (ельник черничный свежий, Кивач 1) (рис. 2) лучше всего описывалась при помощи экспоненциальной модели. Уравнение для функции  $\gamma(h)$  имеет следующий вид:

$$\gamma(h) = 13,5 + 2,55 * (1 - \exp(-h/97,6)) \quad [3]$$

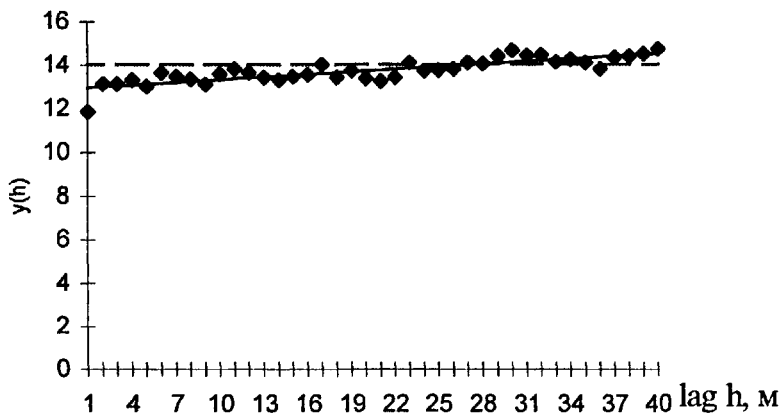


Рис. 2. Семивариограмма  $\gamma(h)$  мощности лесной подстилки для участка 2 (ельник черничный свежий, Кивач 1)

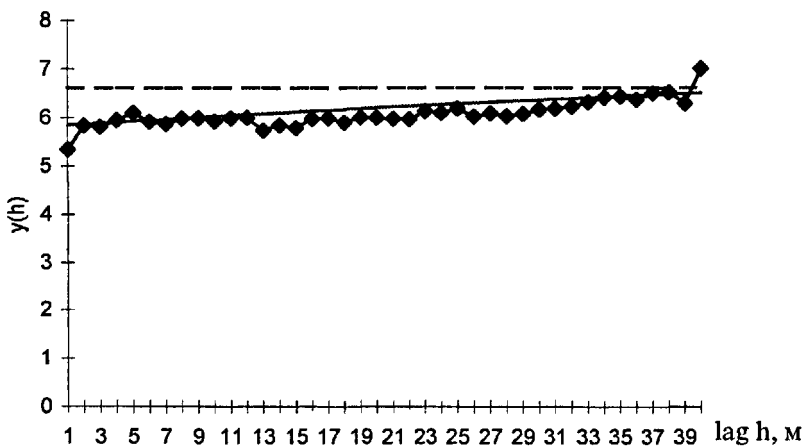


Рис. 3. Семивариограмма  $\gamma(h)$  мощности лесной подстилки для участка 3 (ельник черничный свежий, Кивач 2)

Семивариограмма для участка 3 (ельник черничный свежий, Кивач 2) (рис. 3) также лучше всего описывалась при помощи экспоненциальной модели.

Уравнение для функции  $\gamma(h)$  имеет следующий вид:

$$\gamma(h) = 5,67 + 2,02 * (1 - \exp(-h/97,6)) \quad [4]$$

Незначительный наклон прямой на участках 2 и 3 свидетельствует о том, что исследуемая территория может быть названа однородной. Большое значение остаточной дисперсии на участках 1,2 и 3 связано с вариабельностью почвенных свойств, происходящей на расстояниях много меньше, чем шаг при отборе образцов (1 м), а также с ошибками измерений.

Семивариограмма, построенная для определения варьирования мощности подстилки для участка 4 (ельник черничный свежий, Каскозеро), имеет достаточно необычный облик (рис. 4). Ни одна из моделей не описывала достаточно хорошо полученную семивариограмму. Очевидно, в нашем случае периодичность изменения мощности подстилки, связанная с тессеральной структурой биоценоза, усложняет картину: в некоторых случаях полудисперсия превышает дисперсию (значения которой отмечено на рисунке как прямая пунктирная линия параллельная оси абсцисс), к которой теоретически должна стремиться. Следует учитывать, что количество пар точек, по которым производились расчёты, резко уменьшается для  $\text{lag } h > 5$ , поэтому данные для больших расстояний менее достоверны.

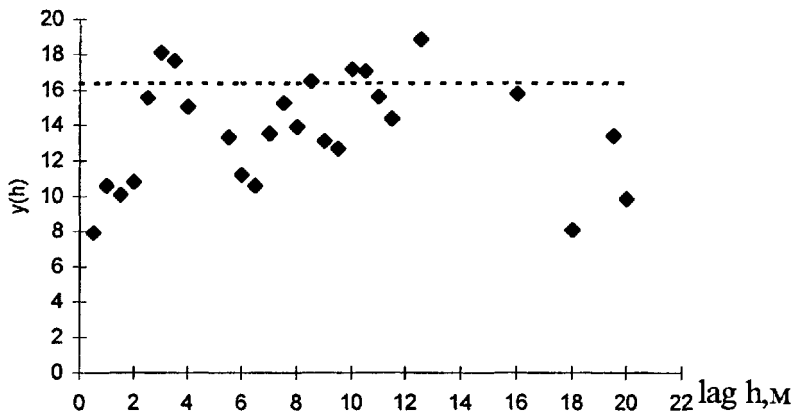


Рис. 4. Семивариограмма  $\gamma(h)$  мощности лесной подстилки для участка 4 (ельник черничный свежий, Каскозеро)

Для участка 5 (ельник черничный влажный, Б. Климецкий) семивариограмма круто возрастает с увеличением шага (рис. 5). Это свидетельствует о наличии линейного тренда в данных. Тренд проявляется повышением (или понижением) величины вдоль некоторого направления. Трендовые поверхности, в основном, используются для описания постепенных крупномасштабных изменений.

Направление наклона поверхности тренда совпадает с направлением склона на участке 5 (направление северо-восток - юго-запад).

Для остатков была вычислена полудисперсия и построена семивариограмма (рис. 5). Полученная семивариограмма лучше всего описывалась при помощи экспоненциальной модели. Уравнение для функции  $\gamma(h)$  имеет следующий вид:

$$\gamma(h) = 29,03 + 16,03 * (1 - \exp(-h/84,8)) \quad [5]$$

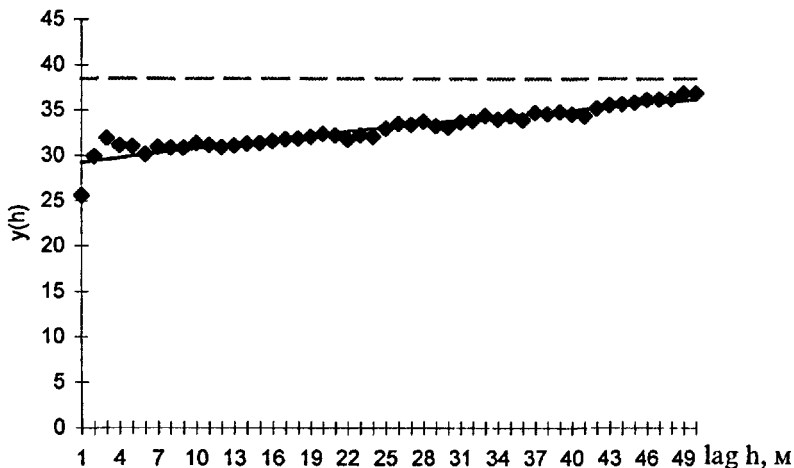


Рис. 5. Семивариограмма  $\gamma(h)$  мощности лесной подстилки для участка (ельник черничный влажный, Б. Климецкий)

Таким образом, семивариограмма имеет ограниченную форму. Порог семивариограммы равен 39,16 и немного превышает значение дисперсии 38,5 (табл. 2). Наблюдается нагетт-эффект. Значение остаточной дисперсии - 29,03. Большие значения полудисперсии и остаточная дисперсия связаны, по-видимому, с большой пестротой почвенного покрова.

Данные по участку 6 (производный тип леса, Гомсельга) также были проверены на наличие тренда. По аналогии с участком 2 была получена линейная поверхность (тренд первого порядка):

$$Z = 3,66 - 0,014x + 0,026y \quad [6]$$

Направление наклона поверхности тренда также совпадает с направлением склона на участке 6 (направление юг - север).

Семивариограмма, построенная для остатков, имеет периодическую форму (рис. 6) и описывается достаточно сложной функцией, представляю-

щей сумму экспоненциальной модели и модели "с эффектом дырок" (периодической модели). Уравнение для функции  $\gamma(h)$  имеет следующий вид:

$$\gamma(h) = 2,69 + 1,49 * (1 - \exp(-h/10,98)) - 0,35 * \sin(2,09 * h + 1,81) [7]$$

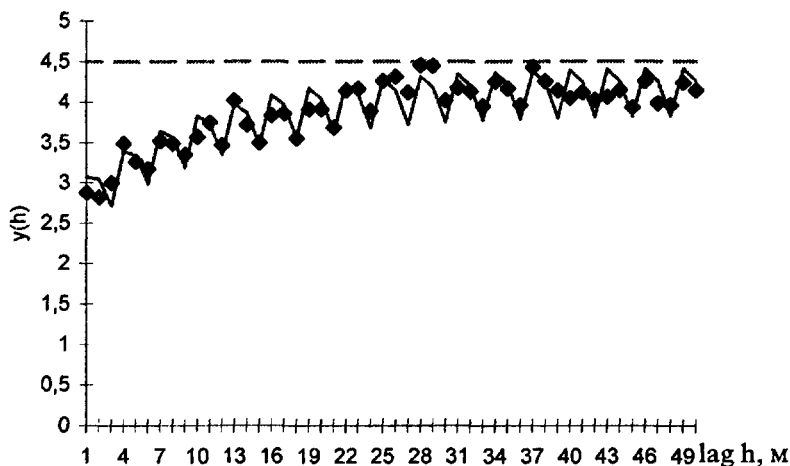


Рис. 6. Семивариограмма  $\gamma(h)$  мощности лесной подстилки производного типа леса (Гомсельга)

Таблица 2

Типы семивариограмм

Участок	Тип леса	Тип семивариограммы	Nugget (Co)	Sill (C)	Range (a)
Валкеа-Котинен	Ельник черничный свежий	Линейная	6,42	6,79	>25
Кивач 1	Ельник черничный свежий	Экспоненциальная	13,50	16,05	30
Кивач 2	Ельник черничный свежий	Экспоненциальная	5,67	7,69	35
Большой Климецкий	Ельник черничный влажный	Экспоненциальная	29,03	39,16	>50
Гомсельга	Производный тип	Экспоненциальная и периодическая	2,69	4,53	30

Период синусоидальной функции равен 3, что примерно соответствует радиусу кроны деревьев. Семивариограмма имеет ограниченную

форму. Пороговое значение - 3,83 (значение дисперсии - 4,54, табл. 2). Наблюдается наггетэфект. Значение остаточной дисперсии - 2,69. Столь сложный вид семивариограммы может быть связан с большой неоднородностью мощности подстилки, так как территория этого участка была подвержена антропогенному влиянию (вырубки) и, в настоящее время, представляет собой вторичный лес.

### 3.1.2. Строение лесных подстилок.

Подстилки на шести участках подразделяются на слаборазложившийся подгоризонт L, сохранивший цвет растительных фрагментов, и бурый или чёрный подгоризонт F. Горизонт H встречается в виде тонких прослоек. Мощность подгоризонтов зависит от экологических условий образования подстилок, включая увлажнение и состав древостоя.

### 3.1.3. Компонентный состав.

Содержание компонентов в подстилках на участках исследований приводится в таблице 3. Здесь и далее к активной фракции относятся листья, хвоя, травы, почки, труха, к неактивной - все другие компоненты; к неустойчивым — листья, травы, к устойчивым - все другие компоненты. В структурном отношении условное деление на "активную" (<5мм) и "пассивную" (>5мм) фракции отражает общий характер различий этих фракций (Карпачевский, 1977).

Основную часть лесной подстилки ельника черничного свежего (Валкеа-Котинен) составляют измельченные растительные остатки 38,45% и хвоя 26,72%. На долю листьев и веток приходится 10,15% и 11,54% соответственно. Содержание остальных компонентов, таких как древесина, кора, почки, мох и корни, не превышает 13,15% (табл. 3). В составе подстилок преобладает опад древесного яруса, доля хвои в котором составляет 51%. Значительна часть активной фракции 78,3%. Отношение неустойчивых компонентов к устойчивым 0,2, отношение трухи к сумме компонентов 0,6.

В компонентном составе подстилки ельника черничного свежего (Кивач 1) преобладают мох 28,94% и ветки 16,18%. Значительная часть неактивной фракции 74,33%, в которой доминируют мох, ветки, шишки 55,71%. Листья и трава составляют 5,39% и 1,41% соответственно. Отношение неустойчивых компонентов к устойчивым 0,1, отношение трухи к сумме компонентов 0,1.

Наибольший процент в компонентном составе подстилки ельника черничного свежего (Кивач 2) приходится на ветки 16,18% и корни 15,57%. Доли активной и неактивной фракций приблизительно равны. Опад травяно-кустарничкового и мохового ярусов в составе подстилки немного превышает опад древесного яруса 51,52%. Листья и

трава составляют 6,05% и 9,60% соответственно. Отношение неустойчивых компонентов к устойчивым 0,2, отношение трухи к сумме компонентов 0,2.

Основную часть лесной подстилки ельника черничного свежего (Каскозеро) составляют корни 43,09% и измельченные растительные остатки 38,97%. Содержание остальных компонентов таких как древесина, кора, почки, шишки не превышает 7,3% (табл. 3). Доли активной и неактивной фракций приблизительно равны. В составе подстилок преобладает опад кустарничкового яруса 71%. Отношение неустойчивых компонентов к устойчивым 0,03, отношение трухи к сумме компонентов 0,6.

Основную часть лесной подстилки ельника черничного влажного (Б. Климецкий) составляют корни 38,49% и измельченные растительные остатки 34,95%. Содержание листьев и хвои составляет 4,35% и 8,09% соответственно, древесины 7,43%, коры 2,25% и почек 1,28%. В составе подстилок преобладает опад кустарничкового яруса 59%. Доли активной и неактивной фракций приблизительно равны. Отношение неустойчивых компонентов к устойчивым 0,07, отношение трухи к сумме компонентов 0,5.

Таблица 3

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

Компоненты	Ельник черничный					Производный тип
	свежий				влажный	
	Валкеа-Котинен	Кивач 1	Кивач 2	Каскозеро	Климецкий	Гомсельга
Листья	10,15	5,39	6,05	1,62	4,35	14,95
Хвоя	26,72	5,54	12,10	9,02	8,09	7,97
Травы	-	1,41	9,60	-	-	1,74
Мох	1,21	28,94	11,18	-	-	-
Почки	2,98	2,69	2,69	1,43	1,28	0,84
Шишки	-	10,59	6,96	1,17	-	2,7
Ветки	11,54	16,18	16,88	-	-	4,33
Древесина	1,92	3,76	1,97	2,19	7,43	-
Кора	2,25	5,86	2,19	2,51	2,25	0,68
Труха	38,45	10,65	14,81	38,97	34,95	49,46
Корни	4,79	9,00	15,57	43,09	38,49	17,34
Всего, %	100	100	100	100	100	100

- - компонент отсутствует.

Наибольший процент в компонентном составе подстилки производного типа леса (Гомсельга) приходится на труху 49,46%. Доля активной фракции доминирует 74,96%. Листья и трава составляют 14,95% и 1,74% соответственно, хвоя 14,95%. Содержание остальных компонентов таких как ветки, кора и почки не превышает 8,55% (табл. 3), корней 17,34%. В составе подстилок преобладает опад древесного яруса 59%. Значительна часть активной фракции 74,96%. Отношение неустойчивых компонентов к устойчивым 0,5, отношение трухи к сумме компонентов 1.

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 Валкеа-Котинен, Кивач 1 и Кивач 2 труха обнаруживается в крупных фракциях, по-видимому, это связано с режимом увлажнения почв.

#### *Особенности компонентного состава лесной подстилки по микрозонам*

На компонентный состав подстилок влияет неравномерность размещения деревьев. По направлению от ствола дерева к просвету между кронами в составе подстилок уменьшается количество хвои, древесины, коры и увеличивается доля веток, почек, мха. Листья более менее равномерно распределены по всем зонам. Максимальное количество шишек наблюдается в кроне. Для участка Кивач 1 (рис. 7) наибольшее количество корней в составе подстилки у стволов деревьев, к которым приурочены полукустарники. Для участка Кивач 2 (рис. 8) картина несколько другая. Наибольшее количество корней приходится на окно.

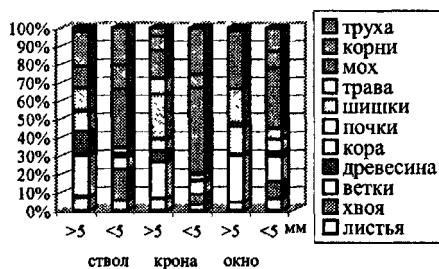


Рис. 7. Компонентный состав лесной подстилки в "пассивной" (>5 мм) и "активной" (<5мм) фракциях в различных микрозонах (Кивач 1)



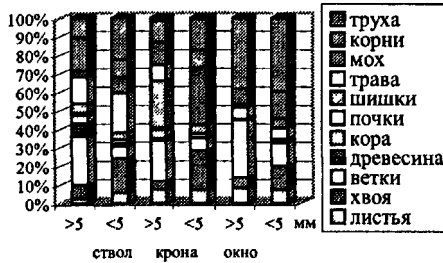


Рис. 8 Компонентный состав лесной подстилки в "пассивной" (>5 мм) и "активной" (<5мм) фракциях в различных микрозонах (Кивач 2)

Травянистые остатки в составе подстилок встречаются в большем количестве у стволов деревьев (Кивач 2) и в кроне (Кивач 1). В структурном отношении трудноминерализуемые остатки: шишки, ветки, древесина, кора доминируют во всех микрозонах в "пассивной" (>5мм) фракции, содержание других компонентов варьирует в зависимости от местных условий.

### 3.1.4. Фракционный состав.

Разделение подстилки на фракции по размерам позволило отделить крупные компоненты (большие корни, шишки, древесину, ветки), поступление которых в подстилку носит стохастический характер, от хвойного и листового опада, мелких корней и продуктов их разрушения.

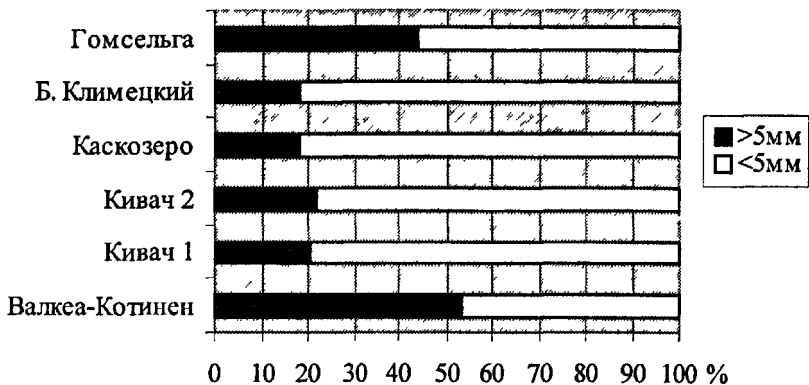


Рис. 9. Содержание "активной" (<5 мм) и "пассивной" (>5мм) фракций в лесной подстилке.

Фракционный состав лесных подстилок (рис. 9) показал, что на участках Кивач 1, Кивач 2, Каскозеро, Климецкий преобладает "активная" фракция, а на участках Валкеа-Котинен и Гомсельга содержание "активной" и "пассивной" фракций отличаются незначительно, что вполне "коррелирует" с содержанием в компонентном составе активной и неактивной фракций. Так, в ельнике черничном свежем (Валкеа-Котинен) и производном типе леса (Гомсельга) 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 доли активной фракции. Возможно, это связано с разными механизмами преобразования опада. В компонентном составе подстилок этих участков наблюдается наибольший процент содержания листьев по сравнению с другими исследуемыми участками, что способствует более интенсивному разложению опада, в частности, "активной" фракции. На других участках накопление "активной" фракции происходит за счет механического преобразования опада.

#### 3.1.5. Зольность лесных подстилок.

Большая изменчивость компонентного состава подстилок исследуемых участков отразилась на высокой вариабельности их общей зольности от 2,40% до 45,65%. Наибольшая средняя зольность в ельнике черничном свежем (Кивач 2) 22, 75% , что связано с малой мощностью подстилки, компонентным составом, в котором преобладает опад зелёной массы растений и примесью минеральных частиц. Состав древостоя, компонентный состав подстилок, в котором на листья и хвою приходится 22,92% от массы, обуславливает зольность 16,63% на участке Гомсельга в производном типе леса. Хотя на участке Каскозеро средняя мощность подстилки 12,1 см, тем не менее зольность довольно высока 16,53%. Возможно, это связано с увеличением гидроморфности почв, что приводит к повышению содержания зольных элементов в растениях, в частности, в чернике (Манаков, 1972; Морозова, 1991), содержание опада которой преобладает в компонентном составе лесных подстилок. На участках Валкеа-Котинен и Кивач 1 средняя зольность равна 11,75% и 10,74% соответственно, что вполне согласуется с исследованиями прошлых лет, где средняя зольность для спелых ельников черничников составляла 6-12% (Егорова, 1968).

3.1.6. Биохимический состав. Результаты исследования биохимического состава лесных подстилок показали (рис. 10), что среднее содержание растворимых углеводов в лесной подстилке на участке

Валкеа-Котинен составляет 23,53%, на участке Кивач 1 - 18,48%, на участке Кивач 2 - 21,15%. Количество воднорастворимых Сахаров в подстилке колеблется от 0,63% (Валкеа-Котинен) и 0,91% (Кивач 1) до 1,48% (Кивач 2). Более половины всего количества углеводов находится в форме гемицеллюлозы. Содержание целлюлозы варьирует от 6,4% (Кивач 1) и 7,31% (Кивач 2) до 9,11% (Валкеа-Котинен). Минимальное количество "лигнина" 42,27% содержится в подстилке ельника черничного на участке Кивач 2. Это объясняется компонентным составом подстилок, в котором увеличивается доля травянистых остатков. Как известно, лигнин травянистых растений разлагается легче, чем лигнин древесных пород (Пейве, 1963). На участках Кивач I и Кивач 2 количество "лигнина" в подстилках мало чем отличается и равно 52,71% и 50,93% соответственно.

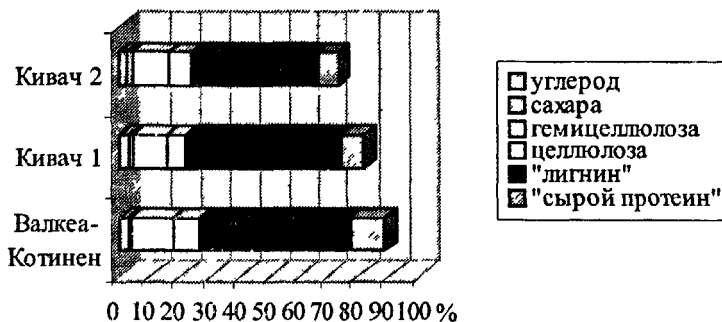


Рис 10. Биохимический состав лесных подстилок

Содержание воднорастворимого углерода в подстилках на участках Валкеа-Котинен и Кивач 2 почти одинаковое 2,84% и 2,67%, на участке Кивач 1 несколько выше - 3,27%. Такая же тенденция прослеживается и с содержанием в подстилках "сырого протеина" на участках Кивач 1 и Кивач 2 с максимумом на участке Валкеа-Котинен.

Биохимический состав лесных подстилок ельников черничных свежих показывает, что существенная роль принадлежит лигнину. При этом обращает на себя внимание, что с увеличением возраста древостоя (Валкеа-Котинен) увеличивается доля "сырого протеина". Интересно отметить, что в лучших условиях почвообразования (Кивач 2), где процессы гумификации идут более интенсивно при самой минимальной мощности подстилки содержание "лигнина" наименьшее.

### **3.2. Свойства почв**

В результате исследования установлено, что рассматриваемые участки ельника черничного и производного типа леса произрастают на почвах и почвообразующих породах разного механического состава.

Общими чертами исследуемых почв являются сравнительно небольшая глубина профиля (до 75 см), высокая и слабая не насыщенность растворимыми основаниями. Профильное распределение оснований характерно для подзолов с максимумом в лесной подстилке и резким уменьшением в минеральных горизонтах. Наблюдается биогенная аккумуляция фосфора и калия. Минеральные горизонты их бедны гумусом и азотом и, наоборот, обогащены окислами железа.

### **3.3. Особенности образования лесных подстилок на участках исследования**

Установлено, что мощность лесной подстилки и подзолистого горизонта увеличивается с нарастанием гидроморфности почв и уменьшается при повышении плодородия почв. В пределах одного типа леса мощность горизонтов изменяется. 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 аккумулятивно-иллювиального горизонта  $A_1B$ .

Большую часть массы подстилок составляет опад древесных растений. В компонентном составе подстилок на участках исследования Валкеа-Котинен, Каскозеро, Б. Климецкий, Гомсельга значительная доля принадлежит трухе. Следует отметить, что больше всего трухи на почвах более легкого механического состава, независимо от степени их плодородия.

Во фракционном составе большая часть массы подстилок приходится на "активную" фракцию, кроме участков Валкеа-Котинен и Гомсельга, где масса "активной" и "пассивной" фракций подстилок приблизительно равны.

Выяснилось, что зольность лесных подстилок исследуемых участков в значительной степени определяется составом древостоя и характером напочвенной растительности, но большее влияние оказывает так же плодородие почв и влажность.

Установлено, что в подстилках ельников черничных преобладают лигнин и гемицеллюлоза, третье место занимает целлюлоза. С повышением плодородия почв в подстилках несколько возрастает количество гемицеллюлоз и наблюдается уменьшение лигнина.

Результаты исследования показали, что по мере увеличения влажности подстилок повышается их кислотность, накапливается

больше обменных Н и А1, увеличивается гидролитическая кислотность, снижается степень насыщенности основаниями и содержание обменных Са и Mg.

Таким образом, в ходе исследования особенностей формирования лесных подстилок ельников черничных и производного типа леса выяснилось, что лесные подстилки оказывают влияние на лесорастительные свойства почв. В свою очередь, качество лесных подстилок определяется почвенно-грунтовыми условиями. Независимо от процессов подстилкообразования и почвообразования, все исследованные лесные подстилки относятся к грубогумусному типу.

### **3.4. Классификация лесных подстилок**

Сравнительный анализ различных классификаций показал, что при хорошей корреляции между собой, они несут подчас различную информацию. Так, например, классификация Степанова (1929) характеризует качество растительного опада, типология Чертова (1981) и Сапожникова (1984) отражает условия разложения и характер формирования лесных подстилок. Особенностью классификации Богатырева (1990) является то, что в ней используется не только строение подстилки, но и характер формирования гумусового горизонта на уровне подтипа, что несомненно важно для понимания органического профиля почвы в целом.

По классификации Чертова по типам гумуса (1981) все исследуемые лесные подстилки относятся к грубогумусным, на участках Каскозеро и Климецкий - к влажным грубогумусным. В соответствии с проектом классификации форм гумуса американского общества лесоводов подстилки на шести участках определяется как Кластиковый Хемимор (Greenetal., 1993). По морфохимической классификации гумуса (Delecoeur, 1980) класс-порядок-подкласс-семейство-форма на основании трех факторов гумусообразования: степени гидроморфизма, типе растительного покрова, морфологических и физико-химических показателях исследуемые лесные подстилки относятся к грубому лесному гумусу - мор, формам фибримор, мезимор (табл. 4)

Лесная подстилка в ельнике черничном свежем на участке Валкеа-Котинен определяется как чернично-зеленомошная по классификации Степанова (1929), сухоторфяная по классификации Сапожникова (1984), деструктивная слабосопряженная, маломощная, листовенно-хвойная по классификации Богатырева (1990). На участке Кивач 1 - моховая; грубо-разложившаяся; ферментативная несопряженная, маломощная, хвойно-моховая. На участке Кивач 2 -мохово-\_травяная; грубогумусная; деструктивная слабосопряженная, маломощная, мохово-хвойная. На участке

Классификация лесных подстилок исследуемых участков

Таблица 4

Тип леса		Ельник черничный				Производный тип	
		свежий			влажный		
Участок исследования		Валкеа-Котинен	Кивач 1	Кивач 2	Каскозеро	Б. Климецкий	Гомсельга
Классификация	Delesoug D., (1980)	Фибримор	Мезимор	Мезимор	Фибримор	Фибримор	Фибримор
	Чертов О.Г., (1981)	Грубогумусная	Грубогумусная	Грубогумусная	Влажная грубогумусная	Влажная грубогумусная	Грубогумусная
	Американское общество лесоводов, (1993)	Кластиковый хеммимор	Кластиковый хеммимор	Кластиковый хеммимор	Кластиковый хеммимор	Кластиковый хеммимор	Кластиковый хеммимор
	Степанов Н.Н., (1929)	Чернично-зеленомошная	Моховая	Мохово-травяная	Чернично-зеленомошная	Чернично-зеленомошная	Чернично-зеленомошная
	Сапожников А.П., (1984)	Сухоторфяная	Груборазложившаяся	Грубогумусная	Сухоторфяная	Сухоторфяная	Сухоторфяная
	Богатырев Л.Г., (1990)	Деструктивная слабо-сопряженная, маломощная, листовенно-хвойная	Ферментативная несопряженная, маломощная, хвойно-моховая	Деструктивная слабо-сопряженная, маломощная, мохово-хвойная	Ферментативная несопряженная, мощная, хвойная	Торфянистая несопряженная, мощная листовенно-хвойная	Гумифицированная несопряженная, маломощная хвойно-лиственная

Каскозеро - чернично-зеленомошная; сухоторфяная; ферментативная несопряженная, мощная, хвойная. В ельнике черничном влажном на участке Клименцкий - чернично-зеленомошная; сухоторфяная; торфянистая несопряженная, мощная лиственно-хвойная. В производном типе леса на участке Гомсельга - чернично-зеленомошная; сухоторфяная; гумифицированная несопряженная, маломощная, хвойно-лиственная соответственно (табл. 4).

### **3.5. Географическое распространение лесных подстилок на территории Карелии (по классификации Л.Г. Богатырева, 1990)**

На основании ландшафтного деления Карелии (Волков и др., 1990) и карта-схемы оценки плодородия почв (Федорец и др., 2001) с использованием классификации Л.Г. Богатырева составлена карта-схема лесных подстилок Карелии (рис. 11). Результаты показали, что наиболее контрастные типы подстилок характерны для северотаежной территорий. В средней тайге увеличивается не только разнообразие подстилок с увеличением доли ферментативных и гумифицированных подстилок, но и снижается вдвое доля торфянистых и торфяных типов подстилок, что обусловлено лучшими биоклиматическими условиями.

*Таблица 5*

Типы лесных подстилок Карелии

Типы лесных подстилок	Подзоны				Территория Карелии	
	северотаежная		среднетаежная			
	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%
Деструктивные	1350,7	13,52	466,8	8,34	1817,5	11,66
Ферментативные	-	-	2304,2	41,18	2304,2	14,79
Русифицированные	-	-	596,9	10,66	596,9	3,82
Торфянистые	7542,9	75,53	1968,7	35,18	9511,6	61,04
Торфяные	1094,1	10,95	259,5	4,64	1353,6	8,69
Всего	9987,7	100	5596,1	100	15583,8	100

Зональные закономерности распределения лесных подстилок показали, что в условиях северной тайги под ельниками преимущественное распространение имеют торфянистые и торфяные подстилки, под ельниками логовыми и ширококравными формируется ферментативный тип подстилок. Под сосняками черничными свежими, болотно-кустарничковыми, осоко-сфагновыми формируются подстилки торфянистого и торфяного типов, под сосняками лишайниковыми, брусничными скальными, брусничными свежими - деструктивные.

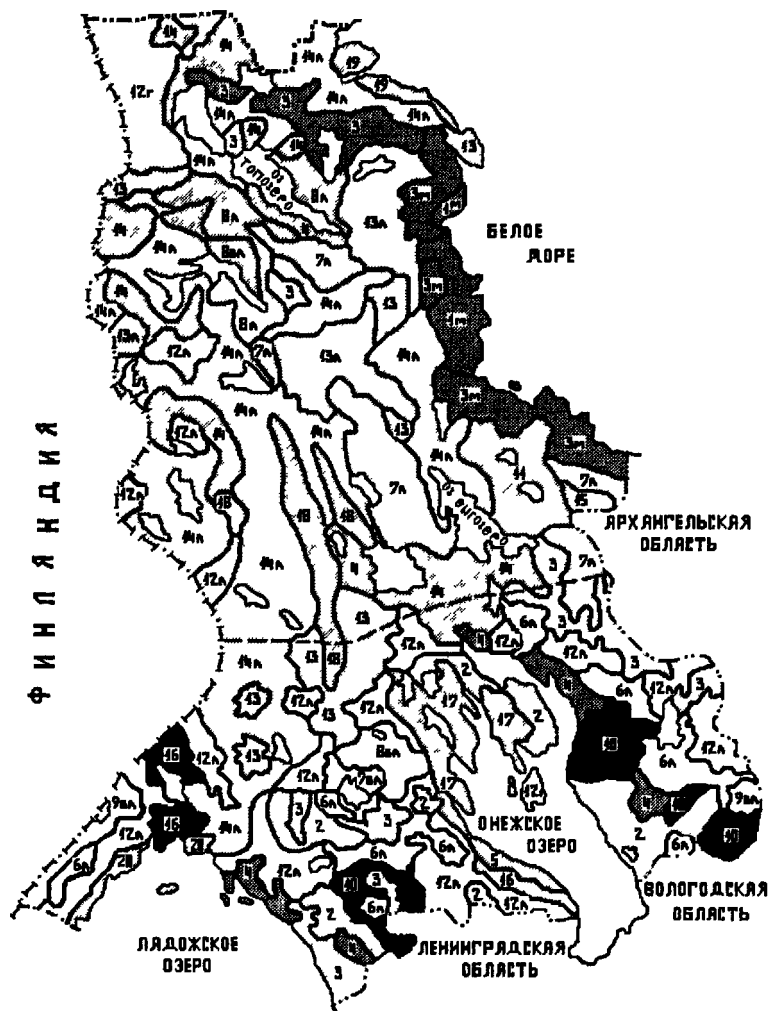


Рис. 11. Карта-схема типов лесных подстилок Карелии  
 (по классификации Л. Г. Богатырева)  
 - - граница между северной и средней тайгой  
 На основе М 1 : 600 000



Таблица 6

Легенда к карте-схеме типов лесных подстилок Карелии

Классификация ландшафтов Карелии			
Преобладающие типы местообитаний (по коренным формациям)	Заболоченность территории		
	сильная >50%	средняя 20-50%	слабая <20%
<b>I. Озерные, озерно-ледниковые и морские (м) равнины</b>			
Еловые	1	2	
Сосновые	3	4	5
<b>II. Ледниковые (л) и водно-ледниковые (вл) холмисто-грядовые</b>			
Еловые		6	
Сосновые	7	8	9
<b>III. Ледниково-аккумулятивные сложного рельефа</b>			
Еловые		10	
Сосновые		11	
<b>IV. Денудационно-тектонические холмисто-грядовые с комплексами ледниковых образований (л) и низкогорьями (г)</b>			
Еловые		12	
Сосновые	13	14	
<b>V. Денудационно-тектонические грядовые (сельговые)</b>			
Еловые		15	16
Сосновые		17	18
<b>VI. Скальные</b>			
Сосновые		19	20
<b>Типы лесных подстилок</b>			
Деструктивные			
Ферментативные			
Гумифицированная			
Торфянистые			
Торфяные			

В средней тайге в силу сильной заболоченности территорий под ельниками и сосняками так же распространены торфянистые и торфяные подстилки, но увеличивается доля ферментативных подстилок под сосняками черничными свежими и ельниками черничными свежими. Под ельниками высокого класса бонитета встречаются гумифицированные подстилки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для выявления факторов, влияющих на современные процессы почвообразования и подстилкообразования построен экологический ряд по возрасту древостоя. Проведенные исследования ельников черничных и

производного типа леса показали, что определяющая роль в формировании лесных подстилок принадлежит не количеству опада, а составу и свойствам опада и условиям разложения органического вещества, так как в спелых лесах масса органического вещества остается практически постоянной (Lull, 1959; классическая кривая Covington'a, 1981 и др.)- Качество опада зависит от экологических условий произрастания растительности на территориях исследования.

Сочетание климатических факторов (умеренно-холодный и влажный климат, преобладание летних осадков) обусловило развитие подзолообразовательного процесса на участках исследования. Выяснилось, что направленность почвообразования зависит от соотношения и скорости проявления отдельных процессов: гумусо-аккумулятивного, иллювиально-железистого, иллювиально-железисто-гумусового, оглеения и оторфовывания на что указывает морфологический профиль и свойства почв.

Касаясь общих черт в подстилкообразовании можно заключить, что главное в условиях среднетаежной подзоны - это преобладание в лесных подстилках процессов деструкции, минерализации и выщелачивания оснований, что приводит к формированию грубогумусного типа органо-профиля. Тем не менее, изучение морфологического строения, а также компонентного, фракционного и биохимического составов показало, что лесные подстилки исследованных ельников черничных и производного типа леса могут быть разделены на четыре типа: деструктивные, ферментативные, гумифицированные и торфянистые.

## ВЫВОДЫ

1. Разнообразие лесных подстилок ельников черничных и производного типа леса в единых биоклиматических условиях обусловлено различным характером почвообразующих пород и степенью антропогенного влияния. В возрастном ряду ельников основным фактором, определяющим усложнение строения подстилок и их мощности, являются локальные условия увлажнения.

2. На территории Карелии выделено пять типов лесных подстилок: деструктивные, ферментативные, гумифицированные, торфянистые и торфяные. Независимо от условий формирования все исследуемые подстилки в рамках группировки О.Г.Чертова преимущественно относятся к грубогумусному типу.

3. Исследование мощности подстилок показало, что данные, полученные при расчете структурной функции и построении семивариограмм, показывают высокий разброс значений мощностей лесных подстилок, который описывается разными моделями. Семивариограмма для определения варьирования мощности лесной подстилки для ельника черничного свежего Валкеа-Котинен описывается линейной моделью, тогда как для ельников черничных Кивач 1,2

и Климецкий описываются экспоненциальными моделями. В условиях производных типов леса семивариограмма варьирования мощности подстилки описывается экспоненциальной и периодической моделями, что связано с нарушением почвенного покрова в результате вырубок (Гомсельга). В условиях ельника черничного (Каскозеро) ни одна из выбранных моделей не описывала достаточно хорошо полученную семивариограмму, что возможно обусловлено сфуктурой напочвенного покрова.

4. Большую часть массы лесных подстилок в автоморфных условиях составляет опад древесных растений 46,15-52,58%. С повышением увлажнения доля древесного опада снижается до 16,51-30,63%, но увеличивается доля корней 38,49-43,09%. В компонентном составе труха преобладает на почвах более легкого механического состава 34,95-49,46%.

5. Фракционный состав лесных подстилок показал, что в ельниках черничных на участках Кивач 1, Кивач 2, Каскозеро, Климецкий преобладает "активная" фракция до 80%, на участках ельника черничного (Валкеа-Котинен) и производного типа леса (Гомсельга) содержание "активной" и "пассивной" фракций отличаются незначительно, каждая из которых составляет около 50%.

6. Установлено, что при увеличении влажности лесных подстилок повышается кислотность до pH 2,90-3,00, что сопровождается накоплением обменного водорода до 5,60-7,00 мг-экв/100 г и алюминия 1,20-4,00 мг-экв/100 г. Это приводит к увеличению гидролитической кислотности до 131,30-135,60 мг-экв/100г. Степень насыщенности основаниями уменьшается до 11 -14%.

7. Изучение биохимического состава лесных подстилок показало, что в подстилках ельников черничных преобладают лигнин 42,27-52,71% и гемицеллюлоза 11,10-13,79%, третье место занимает целлюлоза 6,47-9,11%. При увеличении трофности лесных экосистем, обусловленной подстилами почв ленточными глинами и формированием поверхностно-подзолистых почв, обнаруживается увеличение скорости разложения подстилок, что сопровождается уменьшением содержания лигнина до минимальных величин 42% и хорошо коррелирует с усилением процесса разложения, что указывает на более лучшие условия гумификации.

8. Установлено, что для северотаежных лесов низкое разнообразие типов подстилок хорошо коррелирует с высокой контрастностью почвенного покрова, при которой преимущественная роль принадлежит подзолам на песчаных отложениях и почвам полугидроморфных и гидроморфных ландшафтов. В среднетаежных лесах снижение общей заболоченности, увеличение роли мелколиственных пород и травяного покрова обуславливает рост разнообразия подстилок, с большим проявлением процесса гумификации и тенденции к накоплению гумуса в почве.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Березовский В.А., **Соломатова Е.А.** О почвах Водлозерского национального парка // Природное и культурное наследие Водлозерского национального парка. Мат-лы Кар. Научного центра РАН. Петрозаводск, 1995. С. 130-133.
2. **Соломатова Е.А.**, Красильников П.В. Пространственная неоднородность лесной подстилки в ельниках Средней Карелии. //Биотическая регуляция окружающей среды. Материалы международного семинара, Петрозаводск, Карелия, Россия, 12-16 октября 1998 г., Гатчина, 1998. С. 107-109.
3. **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.
4. Сидорова В.А., **Соломатова Е.А.** Изучение пространственной вариабельности лесной подстилки в ельнике Средней Карелии. // Биологические основы изучения и охраны животного и растительного мира, почвенного покрова Восточной Фенноскандии: Тез. Докладов, Петрозаводск, 1999. С. 221-222.
5. Сидорова В.А., **Соломатова Е.А.** Пространственная вариабельность лесной подстилки в ельниках Восточной Фенноскандии. // Экологические функции почв Восточной Фенноскандии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2000. С. 133-141.
6. Сидорова В.А., **Соломатова Е.А.** Геостатистические методы исследования пространственной вариабельности лесных подстилок Восточной Фенноскандии // Тез. Докл. III съезда ДОП (11-15 июля, г. Суздаль) М., Почв. Ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН, 2000, кн.3, С. 279.
7. **Соломатова Е.А.** Структурно-функциональная организация лесных подстилок в ельниках Восточной Фенноскандии. // Тез. Докл. III съезда ДОП (11-15 июля, г. Суздаль) М., Почв. Ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН, 2000, кн.3, С.216.
8. Sidorova V.A., Krasilnikov P.V., **Solomatova E.A.** Spatial variability of forest floor thickness in natural and disturbed forests // extended abstract papers, 4 Conference of the Working Group on Pedometrics of the International Union of Soil Science "Applications of Pedometrics" (September 19-21, 2001), Ghent University, Ghent, Belgium, 2001. P.32-33
9. Sidorova V.A., Krasilnikov P.V., **Solomatova E.A.** Spatial variability of soil horizons thickness in natural forested landscapes of Northern Europe // Soil Science Confronting New realities in the the 21<sup>st</sup> Century. Abstracts, 17<sup>th</sup> World Congress of Soil Science (August 14-21,2002), vol. IV. P. 1500.
10. **Соломатова Е.А.** Строение, состав и пространственная вариабельность лесных подстилок ельников зеленомошных Восточной Фенноскандии // Наука и образование -2003. Материалы Всерос. научно-тех. конференции, Мурманск, 2003, часть IV. С. 96-98.
11. **Соломатова Е.А.**, Богатырев Л.Г. Биохимический состав лесных подстилок ельников черничных свежих Восточной Фенноскандии // Тез. Докл. IV съезда ДОП (9-13 августа, г. Новосибирск) Н., "Наука-Центр" 2004, кн.2, С. 359.

Изд. лиц. № 00041 от 30.08.99. Подписано в печать 07.10.04. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура «Times». Печать офсетная.  
Уч.-изд. л. 1,5. Усл. печ. л. 1,7. Тираж 100 экз. Изд. № 57. Заказ № 441

Карельский научный центр РАН  
185003, Петрозаводск, пр. А. Невского, 50  
Редакционно-издательский отдел





Р20098

РНБ Русский фонд

2005-4

17853