

## Особенности лесных подстилок в разных типах среднетаёжных лесов

© 2024. И. А. Лиханова, к. б. н., н. с., С. В. Денева, к. б. н., н. с.,  
Ю. В. Холопов, к. б. н., н. с., Е. А. Рудь, инженер,  
Е. А. Скребенков, лаборант, Е. М. Лаптева, к. б. н., зав. отд. почвоведения,  
Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения  
Российской академии наук,  
167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28,  
e-mail: likhanova@ib.komisc.ru

В статье представлены особенности лесных подстилок еловых, сосновых и осиновых лесов подзоны средней тайги европейского северо-востока России. Исследования подстилок проведены на территории заказника «Ляльский» (62°15' с.ш., 50°40' в.д.). Определены мощность, плотность, масса, фракционный состав и запасы углерода в лесных подстилках почв, развитых под пологом разных типов леса. Показаны возрастание влажности и запасов подстилки при переходе от незаболоченных к заболоченным типам леса, а также высокая вариабельность строения и свойств подстилок в зависимости от парцеллярности лесных биогеоценозов. В ельниках черничных запасы подстилок в зеленомошных парцеллах составляют около 49±17 т/га, сфагновых – около 77,0±1,7 т/га. В сосняках зеленомошных этот показатель в зеленомошных парцеллах составляет 54±17 т/га, а в микропонижениях варьирует от 67±15 (долгомошные парцеллы) до 101±19 (сфагновые парцеллы) т/га. В сосняках чернично-сфагновых запасы подстилок колеблются от 90±16 до 150±25 т/га, в лиственных лесах (осинники черничные) – около 60±16 т/га, с возрастанием в долгомошных парцеллах до 71±27 т/га. Запасы углерода органического в горизонтах лесных подстилок почв еловых лесов составляют около 18 тС/га, сосняков зеленомошных – 26 тС/га, сосняков сфагновых – 63 тС/га, осинников – 24 тС/га. На параметры подстилок в условиях средней тайги Республики Коми существенным образом влияет влажность почв. Взаимосвязь между запасами подстилок и их полевой влажностью описывается уравнением:  $y = 5,3588 \ln(x) - 20,56$  ( $R^2 = 0,7537$ ), где  $x$  – полевая влажность подстилки (% масс.) в середине вегетационного периода,  $y$  – запас подстилки, кг/м<sup>2</sup>.

**Ключевые слова:** средняя тайга, лесная подстилка, парцелла, тип леса, мощность подстилки, плотность подстилки, масса подстилки, запасы углерода.

## Litter features in different forest types in the middle taiga subzone

© 2024. I. A. Likhanova <sup>ORCID: 0000-0001-8781-4768</sup>, S. V. Deneva <sup>ORCID: 0000-0002-1813-7799</sup>,  
Yu. V. Kholopov <sup>ORCID: 0000-0002-5725-746X</sup>, E. A. Rud <sup>ORCID: 0009-0006-3279-701X</sup>,  
E. A. Skrebenkov <sup>ORCID: 0009-0002-4224-9624</sup>, E. M. Lapteva <sup>ORCID: 0000-0002-9396-7979</sup>  
Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch  
of the Russian Academy of Sciences,  
28, Kommunisticheskaya St., Syktyvkar, Russia, 167982,  
e-mail: likhanova@ib.komisc.ru

The article presents the features of forest litters of spruce, pine and aspen forests in the middle taiga subzone of the European north-east of Russia. Litter studies were carried out on the territory of the Lyalsky nature reserve (62°15'N, 50°40' E). The thickness, density, mass, fractional composition and carbon reserves in litter in different forest types were determined. The study showed an increase in humidity and litter reserves during the transition from non-swampy to swampy forest types, as well as high variability in the structure and properties of litter depending on the parcellation of forest biogeocenoses. In blueberry spruce forests the litter reserve in green moss parcels is about 49±17 t/ha, in sphagnum parcels is about 77.0±1.7 t/ha. In green moss pine forests the litter reserve in green moss parcels is 54±17 t/ha, and in microdepressions it reaches 67±15 (long-moss parcels) – 101±19 (sphagnum parcels) t/ha. In blueberry-sphagnum pine forests the litter reserve range from 90±16 to 150±25 t/ha. In aspen blueberry forests the above parameter is about 60±16 t/ha, increasing in long-moss plots to 71±27 t/ha. Carbon reserves in spruce forests are about 18 tC/ha, in green

moss pine forests – 26 tC/ha, in sphagnum pine forests – 63 tC/ha, in aspen forests – 24 tC/ha. The litter parameters in the middle taiga of the Komi Republic are significantly affected by soil moisture. The relationship between litter stocks and their field moisture is described by the equation:  $y=5.3588\ln(x)-20.56$  ( $R^2=0.7537$ ), where  $x$  is field humidity in the middle of the growing season, %, and  $y$  is litter stock, kg/m<sup>2</sup>.

**Keywords:** middle taiga, forest litter, parcel, forest type, litter thickness, litter density, litter mass, carbon reserve.

Лесная подстилка – важнейший компонент лесного биогеоценоза, представляющий собой слой органического/органико-минерального материала, сформированный преимущественно из растительного опада на поверхности почвы, который является принадлежностью почвы – её органометрическим горизонтом. В зависимости от конкретных условий и времени поступления органического материала находится на разных стадиях разложения, характеризуется постепенной и последовательной гомогенизацией с глубиной и расчленённостью на подгоризонты [1]. При изучении лесных подстилок информативными показателями являются их масса, мощность, плотность сложения и содержание в них органического углерода. Разные структура и состав подстилок в первую очередь связаны с зонально-климатическими условиями, химическими и физическими свойствами почв, строением и продуктивностью фитоценозов, а также с количественными и качественными показателями почвенных биотических сообществ [2–5]. Масса лесной подстилки тесно связана с горизонтальным строением фитоценоза – с его парцеллами [6]. В условиях глобального потепления климата и возрастающего антропогенного воздействия на природные экосистемы актуально изучение депонирования углерода в горизонтах лесных подстилок различных типов почв [7].

Цель исследования – изучение влияния типа леса и парцеллярной структуры живого растительного покрова на строение и свойства горизонтов лесных подстилок в почвах лесных сообществ средней тайги северо-востока европейской части России.

### Объекты и методы исследования

Работа выполнена в Республике Коми на территории заказника «Ляльский» (62°15' с. ш., 50°40' в. д.), в границах которого организован тестовый полигон для долговременного мониторинга климатически активных веществ, в том числе парниковых газов. Район исследования характеризуется прохладным, умеренно прохладным климатом со среднегодовой температурой воздуха +0,1 °С. Годовое количество осадков – 693 мм. Со-

гласно почвенно-географическому районированию [8], участок исследований относится к Вымь-Вычегодскому округу типичных подзолистых иллювиально-железистых подзолов, торфянисто-подзолисто-глееватых иллювиально-гумусовых почв подзоны средней тайги. По ботанико-географическому районированию [9] территория приурочена к полосе среднетаёжных лесов Кольско-Печорской подпровинции Северо-европейской таёжной провинции Евразийской таёжной (хвойно-лесной) области.

Исследования лесных подстилок проводили в четырёх типах леса: ельниках черничных (4 пробные площади (ПП): 88, 115, 145, 165), сосняках чернично-зеленомошных (2 ПП: 243, 237), сосняках кустарничково-сфагновых (2 ПП: 228, 233) и осинниках черничных (2 ПП: 266, 293). Почвообразующие породы на территории ПП представлены в основном двучленными отложениями. Верхний песчаный слой почв ельников и осинников имеет мощность 20–60 см, подстилкается карбонатными суглинками. Сосняки приурочены к отложениям с мощностью песчаной толщи от 70 до 100 см и более. В зависимости от характера почвообразующих пород, условий увлажнения и состава растительности почвенный покров рассматриваемой территории представлен различными подтипами подзолов, подзол-элювозёмов, дерново-элювозёмов (ельники и осинники черничные, сосняки зеленомошные), а также торфяно-подзолов (сосняки кустарничково-сфагновые).

Отбор лесных подстилок проводили в пределах каждой ПП с учётом парцеллярной структуры: в межкрупном пространстве и под кроной деревьев – основных эдификаторов [10]. Для отбора использовали шаблон размером 0,25 × 0,25 м. Подстилки в свежем состоянии разделяли на подгоризонты [11]. Определяли мощность подгоризонтов, их запасы и плотность [12]. Полевую влажность подстилок определяли весовым методом в середине вегетационного периода. Содержание углерода в образцах подстилок измеряли в экоаналитической лаборатории ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН на элементном анализаторе EA 1110 (CHNS–O) (CE Instruments, Италия) методом газовой хроматографии. Расчёт

запасов углерода в отдельных подгоризонтах подстилок проводили с учётом их плотности, мощности и содержания в них элемента.

### Результаты и обсуждение

Для ельников чернично-зеленомошных и чернично-сфагново-зеленомошных наиболее характерны чернично-зеленомошные парцеллы, где в верхней части почв формируются горизонты лесных подстилок, относящиеся к категории елово-хвоево-чернично-моховых подстилочно-торфяных мало- и среднемощных. Рыхлая слаборазложившаяся часть подстилки (O1) плавно переходит в буровато-коричневатый, войлокообразный уплотнённый слой (O2), переплетённый многочисленными корнями, с обилием мицелия белого и жёлтого цветов. Нижняя часть подстилки (O3) хорошо разложена, имеет тёмно-бурю окраску. Плотность слоёв подстилки с глубиной возрастает от 0,05 до 0,16 г/см<sup>3</sup>. Мощность подстилок составляет 4–8 см, их запас – 30–64 т/га. К микропонижениям приурочены долгомошно-сфагновые и сфагновые парцеллы. На таких участках лесные подстилки дифференцированы на слой сфагнового очёса (O1), торфяный (T) и перегнойный (H) подгоризонты. Мощность подстилки увеличивается до 10–12 см, её запас – до 73–86 т/га (табл. 1).

Полученные нами данные близки к результатам других исследователей. Например, по данным [2], в среднетаёжных ельниках черничных свежих мощность подстилок порядка 6 см, их запасы 33 т/га, в ельниках черничных влажных – соответственно 9 см и 54 т/га. Согласно [13], в условиях средней тайги Европейско-Уральского региона запас подстилок в еловых насаждениях варьирует в пределах от 17,8 до 60,6 т/га.

Для сосняков чернично-зеленомошных наиболее характерны кустарничково-зеленомошные парцеллы, где органогенный горизонт представлен сосново-хвоево-моховыми подстилочно-торфяными подстилками. Рыхлая светло-бурая, слаборазложившаяся часть (O1) подстилки состоит из отмершей части зелёных мхов с включениями хвои сосны, шишек, веточек. Подгоризонт (O2) – бурый, войлокообразный, переплетён корнями и гифами грибов, присутствует значительное количество древесных остатков последних стадий разложения. Плотность подстилки около 0,09 г/см<sup>3</sup>, мощность – 6–7 см. Запас подстилок колеблется в пределах 53–57 т/га. В понижениях при увеличении поверхност-

ного гидроморфизма появляются сфагново-зеленомошные, зеленомошно-долгомошные и сфагновые парцеллы. Для сфагново-зеленомошных и зеленомошно-долгомошных парцелл характерны торфянистые подстилки, для сфагновых – торфянисто-перегнойные подстилки, где фиксируется уплотнённый перегнойный горизонт (H). Соответственно, в таких парцеллах мощность подстилок увеличивается до 7–14 см, их запасы – до 65–110 т/га (табл. 1). Для сравнения, запасы подстилок в сосновых насаждениях средней тайги Европейско-Уральского региона составляют в среднем 46,5 т/га с варьированием от 8,6 до 71,9 т/га [13]. В сосняках черничных свежих, формирующихся в условиях средней тайги Республики Коми, мощность лесных подстилок находится на уровне 7 см с запасами органического вещества порядка 40 т/га [2]. Согласно работе [14], в таком же типе леса средняя мощность подстилки составляет порядка 5 (3–9) см и запасы – 56 т/га.

В сосняках кустарничково-сфагновых формируются торфянисто-перегнойные (мощность 9–15 см) и перегнойно-торфянистые (мощность 16–25 см) подстилки. Для них характерна чётко выраженная дифференциация на подгоризонты O–T–H. Подгоризонт O представлен очёсом сфагновых мхов. Торфяный слой T разделяется по окраске торфа и его плотности на несколько подгоризонтов, с глубиной он становится более тёмным и плотным. Перегнойный слой H имеет тёмно-бурю, практически чёрную окраску. По сравнению с остальными слоями он менее мощный. Граница между T и H достаточно резкая. Плотность подстилок с глубиной увеличивается от 0,03 до 0,17 г/см<sup>3</sup>. Запасы подстилок с учётом парцеллярного строения варьируют от 76 до 150 т/га при их мощности от 9 до 23 см (табл. 1). По данным [15], в среднетаёжных сосняках чернично-сфагновых мощность лесной подстилки составляет 17 см, запас органической массы – 64–75 т/га.

В осинниках лесные подстилки имеют несколько иное строение за счёт их формирования под влиянием преимущественно листового опада. Верхний подгоризонт (AO1/O1) подстилки представлен слоем спрессованных прошлогодних листьев осины с включениями отмерших частей политриховых (редко зелёных) мхов и веточек. Ниже расположен войлокообразный тёмно-бурый, почти чёрный слой ферментации (AO2/O2), переходящий в тёмно-бурый, почти чёрный уплотнённый мелкодисперсный слой (AO3/Oao).

Таблица 1 / Table 1

Средние значения ( $X \pm \sigma$ ) мощности, запасов и плотности лесных подстилок разных типов леса  
Average value ( $X \pm \sigma$ ) of litter thickness, stock and density in different forest types

Номер пробной площади Trial area number	Мощность, см / Thickness, cm			Запас, кг/м <sup>2</sup> / Stock, kg/m <sup>2</sup>			Плотность, г/см <sup>3</sup> / Density, g/cm <sup>3</sup>				
	O1	O2/Г	O3/Оао/Н	Общее General	O1	O2/Г	O3/Оао/Н	Общее General	O1	O2/Г	O3/Оао/Н
Ельники зеленомошные / Green moss spruce forests											
88-1	1,2±0,6	3,6±2,3	1,2±0,4	5,4±2,6	0,50±0,10	1,99±0,99	2,33±1,03	4,82±0,6	0,05±0,01	0,06±0,01	0,17±0,05
88-2	1,9±1,3	5,1±3,4	2,1±0,7	9,1±5,2	0,65±0,14	3,35±1,71	3,36±1,33	7,37±2,71	0,05±0,04	0,09±0,01	0,16±0,01
88-3	1,1±0,3	2,9±0,5	-	4,1±0,6	0,73±0,25	2,28±0,45	-	3,00±0,5	0,07±0,01	0,08±0,01	-
115-1	1,0±0,2	2,4±0,4	1,2±0,8	4,6±0,9	0,63±0,18	1,73±0,38	1,87±1,27	4,21±1,4	0,06±0,01	0,08±0,01	0,16±0,03
115-2	0,9±0,1	2,6±0,8	1,0±2,0	4,5±1,7	0,46±0,15	2,5±1,01	1,8±3,68	4,78±2,29	0,05±0,01	0,10±0,03	0,20±0,00
115-3	0,9±0,3	2,3±0,5	2,1±0,7	5,3±0,6	0,53±0,21	1,75±0,30	3,19±0,94	5,47±0,88	0,06±0,01	0,08±0,00	0,18±0,02
145-1	1,5±0,8	2,5±0,7	1,5±1,4	5,5±1,9	0,82±0,61	1,68±0,44	1,95±1,86	4,45±2,01	0,05±0,02	0,07±0,01	0,13±0,01
145-2	1,4±0,5	3,4±0,8	1,6±1,1	6,4±1,7	0,74±0,24	2,36±0,66	2,54±1,70	5,65±1,75	0,06±0,01	0,08±0,02	0,16±0,02
145-3	2,5±1,7	7,5±2,0	2,25±0,5	12,3±3,4	0,59±0,28	3,79±0,87	2,95±0,87	7,33±0,36	0,03±0,01	0,05±0,01	0,16±0,06
163-1	1,6±0,5	4,3±0,9	1,8±1,3	7,6±0,9	0,90±0,19	3,13±0,80	2,35±1,59	6,38±0,96	0,06±0,01	0,07±0,00	0,15±0,02
163-2	1,75±0,5	5,9±1,5	1,9±0,3	9,6±1,0	0,88±0,52	4,6±0,86	3,1±0,76	8,56±1,10	0,05±0,02	0,09±0,01	0,15±0,02
163-3	3,8±2,0	5,3±2,5	1,7±0,3	10,8±4,5	1,87±1,02	2,94±1,09	2,51±0,49	7,33±2,47	0,04±0,01	0,06±0,01	0,18±0,03
Сосняки зеленомошные / Green moss pine forests											
243-1	1,6±0,2	2,9±1,8	1,8±0,3	6,3±2,1	0,96±0,18	2,08±1,41	2,25±0,85	5,29±2,22	0,06±0,01	0,08±0,01	0,13±0,04
243-2	1,1±0,4	4,3±2,0	3,3±1,2	8,8±2,5	0,48±0,22	3,03±0,81	3,0±1,05	6,53±1,04	0,04±0,01	0,08±0,02	0,11±0,02
243-3	3,75±1,1	6,0±0,1	3,8±0,4	13,5±0,7	1,50±0,92	4,50±0,34	4,94±0,80	10,95±0,22	0,04±0,01	0,08±0,01	0,15±0,01
237-1	1,2±0,3	4,0±1,3	1,5±1,3	6,7±1,2	0,75±0,02	3,13±1,11	1,8±1,64	5,68±0,09	0,07±0,01	0,08±0,01	0,13±0,03
237-2	0,8±0,3	3,8±0,3	2,0±1,0	6,6±1,4	0,59±0,25	3,39±0,38	2,89±1,63	6,87±2,09	0,08±0,01	0,09±0,01	0,17±0,01
237-3	1,7±0,3	7,2±0,3	1,8±1,6	10,7±1,0	1,19±0,27	5,94±0,51	2,37±2,05	9,50±2,38	0,07±0,01	0,10±0,00	0,15±0,01
Сосняки сфагновые / Sphagnum pine forests											
233-1	2,3±1,0	10,6±3,8	1,9±0,3	14,8±4,6	1,19±0,80	7,50±3,46	3,19±0,53	11,87±4,54	0,05±0,02	0,08±0,02	0,19±0,04
233-2	2,6±1,2	9,1±3,0	2,6±0,5	14,3±3,8	0,74±0,46	4,75±1,57	3,49±0,50	9,00±1,58	0,03±0,01	0,06±0,03	0,18±0,03
233-3	2,4±1,3	6,25±2,5	3,3±0,6	12,5±0,9	1,52±0,93	4,42±1,75	3,35±0,86	9,29±2,06	0,06±0,01	0,08±0,00	0,11±0,03
228-1	3,5±3,2	17,5±3,7	2,9±1,5	22,7±4,1	1,35±0,98	10,62±3,22	3,05±1,11	15,02±2,46	0,04±0,01	0,07±0,00	0,11±0,03
228-2	1,4±0,4	5,1±2,0	2,5±1,3	9,1±0,8	0,75±0,25	3,98±1,88	2,92±0,68	7,64±1,97	0,05±0,01	0,09±0,02	0,15±0,06
228-3	1,8±0,8	10,8±2,6	1,5±0,5	14,2±2,6	0,65±0,21	7,15±1,21	2,79±0,43	10,60±1,2	0,04±0,01	0,08±0,01	0,15±0,01



Таблица 2 / Table 2

Состав лесной подстилки в разных типах леса / Litter composition in different forest types

Парцелла Parcel	Подгори- зонт Subho- rizon	Ли- стья Lea- ves	Хвоя Need- les	Кустар- нички Dwar- fshrubs	Травы Herbs	Ветви Bran- ches	Шишки Cones	Мхи / Mosses		Кора Bark	Древе- сина Wood	Труха Trash	Пыль/ Пере- гной Dust/ Humus	Минераль- ные частицы Mineral particles
								зелёные green	поли- триховые poly- trichous					
Еловые леса / Spruce forests														
Чернично- зеленомошная Blueberry- green moss	O1	14,1	11,0	1,5	2,4	9,8	4,4	11,0	0	0,4	0	45,5	0	0
	O2	1,1	0,8	0,0	0,3	1,6	0,8	0	0,0	2,1	0	70,7	23,1	0
	O3/Oao	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0,7	0	94,8	3,8
Зеленомошно- долгомошная Green moss - polytrichous	O1	13,0	12,3	2,1	0,4	9,0	1,1	1,0	18,4	0	0	42,6	0	0
	O2	0,7	0,3	0	0	0,6	1,2	0,0	3,1	0	0	94,1	0	0
	O3/H	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	85,5	13,9
Сфагновая Sphagnum	O	6,1	10,3	0,2	0,4	2,6	0,2	0,0	2,4	0	0	56,7	0	0
	T	0	0,2	0	0	1,1	0	0	0,7	0,6	2,2	92,4	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,0	0	95,4	4,2
Сосновые леса / Pine forests														
Долгомошная Polytrichous	O1	0	1,5	0,0	0	4,5	0	0,0	38,8	0	1,5	48,0	0	0
	O2	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0	3,4	95,7	0	0
	O3/H	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	2,1	97,1	0	0
Сфагновая Sphagnum	O	0,7	2,2	3,6	0,3	0,8	8,5	0	0,7	44,1	2,0	37,1	0	0
	T	0,0	0,1	0,2	0,2	0,1	1,7	0	0,2	14,3	0,5	81,8	0	0
	H	0	0,0	0	0,1	0	0	0	0,1	1,8	0,7	15,8	81,5	0
Осиновые леса / Aspen forests														
Мёртвопо- крвная Dead-cover	A01	30,2	7,1	0,1	0	2,2	15,9	0,3	1,3	0	0,6	42,3	0	0
	A02	0	0,3	0	0	0	0,9	0	0,3	0	0	98,4	0	0
	A03	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	99,8	0
Долгомошная Polytrichous	O1	17,7	3,3	0,2	0	8,1	0	0,1	24,3	2,7	2,8	40,8	0	0
	O2	0,4	2,9	0	0	1,2	0	0	5,0	0,4	1,2	57,9	29,6	1,4
	Oao	0	2,1	0	0	3,7	0	0	1,0	0,6	1,3	0	82,9	8,4

Таблица 3 / Table 3

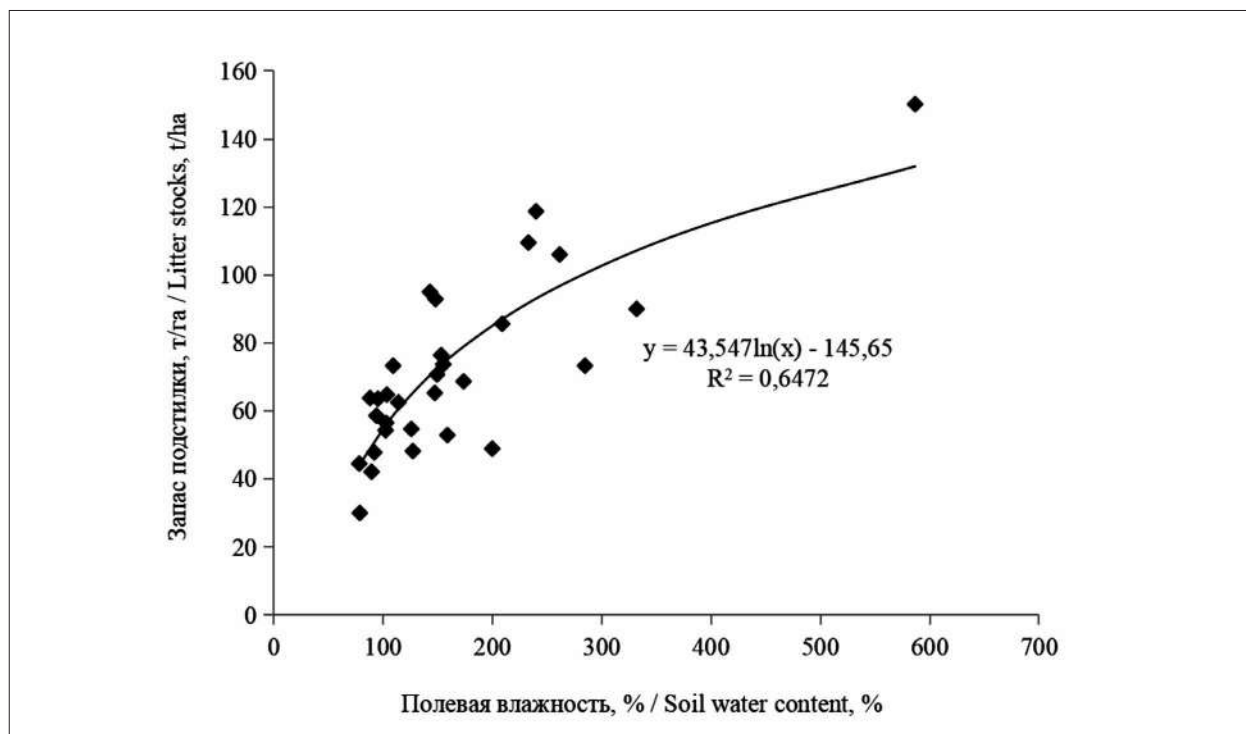
Содержание углерода, азота и запасы углерода в подстилке  
Carbon, nitrogen and carbon stock content in litter

Номер пробной площади Trial area number	Подгоризонт Subhorizon	Содержание, % Content, %		Запасы углерода, т/га Carbon stocks, t/ha	
		$C_{\text{общ.}} / C_{\text{total}}$	$N_{\text{общ.}} / N_{\text{total}}$	по подгоризонтам in subhorizons	сумма sum
Ельники чернично-зеленомошные / Blueberry-green-moss spruce forests					
88	O1	44,5	1,8	2,7	20,9
	O2	45,3	1,8	15,4	
	H	21,6	0,7	2,8	
115	O1	46,0	1,8	2,3	13,8
	O2	40,2	1,7	8,4	
	O3	18,8	0,9	3,0	
145	O1	43,9	1,8	3,5	17,4
	O2	40,7	1,8	8,5	
	O3	17,9	0,8	5,4	
163	O1	45,1	1,7	4,5	20,6
	O2	44,2	2,3	12,4	
	Oao	13,4	0,9	3,7	
Сосняки кустарничково-зеленомошные / Shrubby green-moss pine forests					
237	O1	49,2	1,4	3,7	25,1
	O2	47,6	1,2	15,0	
	O3	29,4	0,8	6,5	
243	O1	46,4	1,1	5,6	26,5
	O2	46,8	1,2	13,1	
	O3	35,8	0,8	7,9	
Сосняки кустарничково-сфагновые / Shrubby sphagnum pine forests					
233	O	42,6	1,2	5,1	50,6
	T1	42,3	1,0	33,3	
	H	34,0	0,9	12,2	
228	O	46,4	1,0	11,1	76,0
	T1	46,3	0,8	52,1	
	H	45,6	1,0	12,8	
Осинники черничные / Blueberry aspens					
266	AO1	43,4	1,4	3,0	22,8
	AO2	40,5	1,3	19,3	
	AO3	14,1	0,7	2,0	
293	O1	44,9	1,6	2,7	20,9
	O2	45,1	1,5	16,2	
	Oao	27,9	0,9	3,9	

Подстилки мощностью в среднем около 6 см классифицируются в осиновых насаждениях рассмотренной территории как листовенно-осиновые грубогумусовые (AO1–AO2–AO3, что соответствует разделению подстилки на подгоризонты L–F–H), либо как листовенно-осиновые-моховые подстильно-торфяные грубогумусированные (O1–O2–Oao). Их плотность увеличивается с глубиной от 0,06 до 0,16 г/см<sup>3</sup>, запасы колеблются от 54 до 65 т/га, достигая максимальных значений (71 т/га) в долгомошных парцеллах. Согласно данным

литературы, в подстилках осиновых лесов средней тайги Европейско-Уральского региона накапливается в среднем 27,8 (от 1,9 до 53,8) т/га органической массы [13], в хвойно-лиственных мёртвопокровных лесах мощность подстилок варьирует в пределах 2–4 см, а их запасы – 27–77 т/га [16], что свидетельствует о значительном разбросе параметров лесных подстилок в мелколиственных лесных насаждениях средней тайги.

Анализ фракционного состава подстилок (табл. 2) показал, что их верхняя часть в разных



**Рис.** Взаимосвязь запаса подстилки с её полевой влажностью  
**Fig.** Relationship between litter stocks and soil water content

типах леса представлена остатками мхов, хвои, листьев, веток, а также крупной трухи. В средней части подстилки существенно увеличивается доля трухи, а с глубиной возрастает степень её дисперсности и появляются перегнойные частицы. В зеленомошных, долгомошных, мало-мощных сфагновых подстилках еловых лесов нижняя часть подстилок содержит минеральные частицы за счёт активной жизнедеятельности почвенных беспозвоночных животных.

Содержание углерода и азота в подстилках с глубиной уменьшается, что связано как с минерализацией органического вещества, так и с включением минеральных компонентов в нижнюю часть подстилок за счёт деятельности почвенных беспозвоночных (табл. 3). Максимальное содержание азота отмечено в подстилках ельников. В сосняках, формирующихся на почвах с большой мощностью песчаной толщи, содержание азота в подстилках существенно ниже, особенно в сфагновых сосняках. Это свидетельствует и о тесной связи содержания азота с типом леса и лесорастительными условиями.

Запасы углерода в подстилках почв разных типов леса существенно различаются. В ельниках этот показатель находится на уровне 18 тС/га, осинниках – 24 тС/га, сосняках зеленомошных – 26 тС/га, сосняках сфагновых – 63 тС/га. Полученные нами данные соответствуют данным, приведённым для

лесов средней тайги Европейско-Уральского региона [13]. В таёжных лесах Канады содержание углерода в подстилках ельников кустарничково-зеленомошных составляет 43,5 тС/га, осинников разнотравных – 25,5 тС/га, сосняков лишайниковых – 19,4 тС/га [17]. Для этого же региона запасы углерода в подстилках ельников зеленомошных и сфагновых на глинистых и суглинистых почвах оценены в 61 и 128 тС/га соответственно, а в сосняках лишайниковых на песчаных почвах – 7–10 тС/га [18].

Запасы лесных подстилок в лесных сообществах тесно связаны с условиями увлажнения почв (рис.). По мере увеличения влажности почв и соответственно влажности самих подстилок их запасы увеличиваются. В зеленомошных парцеллах влажность и запасы подстилок ниже, чем в долгомошных и сфагновых. Закономерность увеличения мощности и запасов подстилок в соответствии с увеличением влажности почв отмечена многими авторами [2, 14]. В незаболоченных типах леса запасы подстилок варьируют от 14 до 80 т/га, в заболоченных они достигают 120 т/га [16].

### Заключение

Таким образом, впервые для средней тайги Республики Коми (европейский северо-восток



России) выполнены детальные исследования состава, структуры и свойств лесных подстилок в различных типах лесов – ельниках, сосняках и осинниках, развитых на почвах, формирующихся на двучленных почвообразующих породах. Выявлена существенная неоднородность мощности и запасов подстилок в таёжных лесах как в пределах одного типа леса, так и в пределах одной пробной площади. Показано, что параметры подстилок тесно связаны с неоднородностью условий увлажнения почв и уровнем влажности их органических горизонтов – горизонтов и подгоризонтов лесных подстилок. Значительная пространственная неоднородность влажности почв и лесных подстилок в пределах пробных площадей обусловлена, в первую очередь, неоднородностью рельефа местности (микроразнообразия и микроповышения), а также двучленным характером почвообразующих пород и варьированием мощности песчаного слоя, определяющим различия в условиях застоя влаги в поверхностных горизонтах почв. Различия в условиях увлажнения верхних горизонтов почв определяют пестроту горизонтальной структуры растительного покрова и характеристик подстилок. В заболоченных лесах и переувлажнённых парцеллах возрастание массы и запасов подстилок связано не только со слабой минерализацией растительного опада в условиях повышенной влажности почв, но и с изменением состава мохового покрова. Появление и активное развитие сфагновых мхов в микроразнообразиях с поверхностным застоем влаги снижает скорость разложения опада за счёт высокой кислотности и антибактериальных свойств сфагновых мхов.

*Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учёта данных о потоках климатически активных веществ и бюджета углерода в лесах и других наземных экологических системах» (рег. № 123030300031-6) и темы госзадания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (рег. № 122040600023-8).*

### Литература

1. Сапожников А.П. Лесная подстилка – номенклатура, классификация и индексация // Почвоведение. 1984. № 1. С. 96–105.

2. Бобкова К.С. Биологическая продуктивность хвойных лесов Европейского Северо-Востока. Л.: Наука, 1987. 156 с.

3. Berg B. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils // For. Ecol. Manage. 2000. V. 133. No. 1–2. P. 13–22. doi: 10.1016/S0378-1127(99)00294-7

4. Trofymow J.A., Moore T.R., Titus B., Prescott C., Morrison I., Siltanen M., Smith S., Fyles J., Wein R., Camiré C., Duschene L., Kozak L., Kranabetter M., Visser S. Rates of litter decomposition over 6 years in Canadian forests: Influence of litter quality and climate // Can. J. For. Res. 2002. V. 32. No. 5. P. 789–804. doi: 10.1139/x01-117

5. Telesnina V.M., Semenyuk O.V., Bogatyrev L.G. Litters and living ground cover as informational characteristics of biogeocenoses for the small-leaved forests in Moscow Oblast // Eurasian Soil Science. 2023. V. 56. P. 841–853. doi: 10.1134/S1064229323600513

6. Карпачевский Л.О. Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. 312 с.

7. Malmshiemer R.W., Heffernan P., Brink S., Crandall D., Deneke F.F., Galik C., Gee E., Helms J.A., McClure N., Mortimer M., Ruddell S., Smith M., Stewart J. Forest management solutions for mitigating climate change in the United States // J. For. 2008. V. 106. No. 3. P. 115–117. doi: 10.1093/jof/106.3.115

8. Атлас почв Республики Коми / под ред. Г.В. Добровольского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2010. 356 с.

9. Растительность Европейской части СССР / под ред. С.А. Грибовой, Т.И. Исаченко, Е.М. Лавренко. Л.: Наука. Ленинградское отделение, 1980. 429 с.

10. Карпачевский Л.О., Киселева Н.К. О методике учета опада и подстилки в смешанных лесах // Лесоведение. 1968. № 3. С. 72–79.

11. Zanella A., Ponge J.-F., Jabiol B., Sartori G., Kolb E., Gobat J.-M., Le Bayon R.-C., Aubert M., De Waal R., Van Delft B., Vacca A., Serra G., Chersich S., Andreetta A., Cools N., Englisch M., Hager H., Katzensteiner K., Brêthes A., De Nicola C., Testi A., Bernier N., Graefe U., Juilleret J., Banas D., Garlato A., Obber S., Galvan P., Zampedri R., Frizzera L., Tomasi M., Menardi R., Fontanella F., Filoso C., Dibona R., Bolzonella C., Pizzeghello D., Carletti P., Langohr R., Cattaneo D., Nardi S., Nicolini G., Viola F. Humusica 1, article 4: Terrestrial humus systems and forms – Specific terms and diagnostic horizons // Appl. Soil Ecol. 2018. V. 122. Part 1. P. 56–74. doi: 10.1016/j.apsoil.2017.07.005

12. Шумаков В.С., Федорова Е.Л. Методические рекомендации по определению запасов лесной подстилки и её зольности при лесоводственных исследованиях. М.: ВНИИЛХ, 1979. 38 с.

13. Честных О.В., Лыжин В.А., Кокшарова А.В. Запасы углерода в подстилках лесов России // Лесоведение. 2007. № 6. С. 114–121.

14. Казимиров Н.И., Волков А.Д., Зябченко С.С., Иванчиков А.А., Морозова Р.М. Обмен веществ и энергии в сосновых лесах Европейского Севера. Л.: Наука, 1977. 303 с.

15. Осипов А.Ф., Кузнецов М.А. Содержание органического углерода в болотно-подзолистых почвах хвойных лесов средней тайги // Лесоведение. 2010. № 6. С. 65–70.

16. Ремезов Н.П., Погребняк П.С. Лесное почвоведение. М.: Лесн. пром-сть, 1965. 324 с.

17. Yu Z., Apps M.J., Bhatti J.S. Implications of floristic and environmental variation for carbon cycle dynamics in boreal forest ecosystems of central Canada // J. Veg. Sci. 2002. V. 13. No. 3. P. 327–340. doi: 10.1111/j.1654-1103.2002.tb02057.x

18. Preston C.M., Bhatti J.S., Norris C.E. Chemical quality of aboveground litter inputs for jack pine and black spruce stands along the Canadian boreal forest transect case study // *Écoscience*. 2015. V. 21. No. 3–4. P. 202–216. doi: 10.2980/21-(3-4)-3690

## References

1. Sapozhnikov A.P. Forest litter – nomenclature, classification and indexation // *Pochvovedenie*. 1984. No. 1. P. 96–105 (in Russian).

2. Bobkova K.S. Biological productivity of coniferous forests of the European Northeast. Leningrad: Nauka, 1987. 156 p. (in Russian).

3. Berg B. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils // *For. Ecol. Manage.* 2000. V. 133. No. 1–2. P. 13–22. doi: 10.1016/S0378-1127(99)00294-7

4. Trofymow J.A., Moore T.R., Titus B., Prescott C., Morrison I., Siltanen M., Smith S., Fyles J., Wein R., Camiré C., Duschene L., Kozak L., Kranabetter M., Visser S. Rates of litter decomposition over 6 years in Canadian forests: Influence of litter quality and climate // *Can. J. For. Res.* 2002. V. 32. No. 5. P. 789–804. doi: 10.1139/x01-117

5. Telesnina V.M., Semenyuk O.V., Bogatyrev L.G. Litters and living ground cover as informational characteristics of biogeocenoses for the small-leaved forests in Moscow Oblast // *Eurasian Soil Science*. 2023. V. 56. P. 841–853. doi: 10.1134/S1064229323600513

6. Karpachevsky L.O. Soil cover diversity in forest biogeocenosis. Moskva: Izdatelstvo Moskovskogo universiteta, 1977. 312 p. (in Russian).

7. Malmshemer R.W., Heffernan P., Brink S., Crandall D., Deneke F.F., Galik C., Gee E., Helms J.A., McClure N., Mortimer M., Ruddell S., Smith M., Stewart J. Forest management solutions for mitigating climate change in the

United States // *J. For.* 2008. V. 106. No. 3. P. 115–117. doi: 10.1093/jof/106.3.115

8. Soil atlas of the Komi Republic / Eds. G.V. Dobrovolsky, A.I. Taskaeva, I.V. Zaboeva. Syktyvkar: Komi Republican Publishing House, 2010. 356 p. (in Russian).

9. Vegetation of the European part of the USSR / Eds. S.A. Gribova, T.I. Isachenko, E.M. Lavrenko. Leningrad: Nauka, 1980. 429 p. (in Russian).

10. Karpachevsky L.O., Kiseleva N.K. On the methodology of counting fall and litter in mixed forests // *Lesovedenie*. 1968. No. 3. P. 73–79 (in Russian).

11. Zanella A., Ponge J.-F., Jabiol B., Sartori G., Kolb E., Gobat J.-M., Le Bayon R.-C., Aubert M., De Waal R., Van Delft B., Vacca A., Serra G., Chersich S., Andretta A., Cools N., Englisch M., Hager H., Katzensteiner K., Brêthes A., De Nicola C., Testi A., Bernier N., Graefe U., Juilleret J., Banas D., Garlato A., Obber S., Galvan P., Zampedri R., Frizzera L., Tomasi M., Menardi R., Fontanella F., Filoso C., Dibona R., Bolzonella C., Pizzeghello D., Carletti P., Langohr R., Cattaneo D., Nardi S., Nicolini G., Viola F. *Humusica* 1, article 4: Terrestrial humus systems and forms – Specific terms and diagnostic horizons // *Appl. Soil Ecol.* 2018. V. 122. Part 1. P. 56–57. doi: 10.1016/j.apsoil.2017.07.005

12. Shumakov V.S., Fedorova E.L. Methodological recommendations for determining reserves of forest litter and its ash content during forestry research. Moskva: VNIILKh, 1979. 38 p. (in Russian).

13. Chestnykh O.V., Lyzhin V.A., Koksharova A.V. The carbon reserves in litters of forests in Russia // *Lesovedenie*. 2007. No. 6. P. 114–121 (in Russian).

14. Kazimirov N.I., Volkov A.D., Zyabchenko S.S., Ivanчиков А.А., Морозова R.M. Metabolism of substances and energy in pine forests of the European North. Leningrad: Nauka, 1977. 303 p. (in Russian).

15. Osipov A.F., Kuznetsov M.A. Organic carbon content in bog-podzolic soils under coniferous forests of the middle taiga // *Lesovedenie*. 2010. No. 6. P. 65–70 (in Russian).

16. Remezov N.P., Pogrebnyak P.S. Forest soil science. Moskva: Lesnaya promyshlennost, 1965. 324 p. (in Russian).

17. Yu Z., Apps M.J., Bhatti J.S. Implications of floristic and environmental variation for carbon cycle dynamics in boreal forest ecosystems of central Canada // *J. Veg. Sci.* 2002. V. 13. No. 3. P. 327–340. doi: 10.1111/j.1654-1103.2002.tb02057.x

18. Preston C.M., Bhatti J.S., Norris C.E. Chemical quality of aboveground litter inputs for jack pine and black spruce stands along the Canadian boreal forest transect case study // *Écoscience*. 2015. V. 21. No. 3–4. P. 202–216. doi: 10.2980/21-(3-4)-3690