

УДК 630*187:582.475:630*221.01:581.131(1-924.82)

РОЛЬ РАСТИТЕЛЬНОГО ОПАДА В ФОРМИРОВАНИИ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ НА ВЫРУБКАХ ЕЛЬНИКОВ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ*

© *Н.В. Лиханова, соискатель*

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, ул. Коммунистическая, 28, г. Сыктывкар,
Россия, 167982

E-mail: lihanad@mail.ru

Рассматривается процесс деструкции растительных остатков на 4–6-летних вырубках после сплошнолесосечной рубки ельников средней тайги. Определена динамика поступления и разложения растительного опада. Дана оценка процессов минерализации растительных остатков органогенного горизонта. Выявлены запасы лесной подстилки на вырубках ельников черничного влажного и долгомошно-сфагнового. Масса органического вещества, поступающего в почву с растительным опадом фитоценозов, на вырубке ельника черничного влажного составляет 3115, долгомошно-сфагнового – 3608 кг/га, из них 55...60 % приходится на опад надземных органов. Основную массу опада (89 %) образуют растения напочвенного покрова – мхи и травянистые растения. По интенсивности разложения в убывающем порядке следуют: листья березы > листья брусники > хвоя сосны > хвоя ели > мхи > ветви > кора. Наиболее интенсивно разлагается опад листьев березы, показатель C/N (соотношение углерод/азот) которого составляет 35...38. У хвои ели и сосны этот показатель изменяется от 38 до 43, у ветвей древесных растений – от 48 до 60, у коры – от 105 до 142.

Разложение подстилки наиболее активно происходит в листовом подгоризонте: на вырубке ельника черничного влажного в год составляет 17,3, на вырубке ельника долгомошно-сфагнового – 15,4 %. В ферментативном подгоризонте за год разлагается 10,4 и 9,3 % органического вещества растительных остатков соответственно. В гумусированном подгоризонте деструкция растительных остатков происходит медленно (около 7 %). Невысокая скорость разложения мертвых растительных остатков на вырубке ельника черничного влажного способствует формированию довольно мощной лесной подстилки (толщина 12,0 см) с общим запасом органического вещества 47,5 т/га, на вырубке ельника долгомошно-сфагнового – соответственно 18,7 см и 63,9 т/га.

Ключевые слова: средняя тайга, ельник, опад, разложение, рубка, лесная подстилка.

В лесной биогеоценологии подстилка рассматривается как самостоятельный биогоризонт, который служит связующим звеном между растительностью и почвой. Она содержит достаточно большую лесоводственную и почвенно-генетическую информацию о развитии экосистем [7, 11]. Изменения мощности и химического состава лесной подстилки являются наиболее заметными проявлениями биологического круговорота веществ в лесных сообществах. Особенно это значимо для северных регионов лесной зоны, где недостаток тепла, повышенная влажность почв в большинстве типов леса обуславливают низкую интенсивность минерализации растительного опада и накопление достаточно мощной подстилки [2, 3, 6, 13, 17, 18, 25, 26].

* Работа выполнена под руководством д.б.н., проф. К.С. Бобковой.

Известно, что в лесных экосистемах изменения, вызываемые хозяйственной деятельностью, ведут к нарушению биологического круговорота веществ. В антропогенно нарушенных лесных сообществах формируется более простая по морфологическому строению лесная подстилка, чем в коренных хвойных биогеоценозах. Данных о формировании лесной подстилки в еловых экосистемах таежной зоны достаточно [2, 4, 5, 7, 10, 17]. Согласно данным этих исследователей запасы лесной подстилки в ельниках в зависимости от типов условий произрастания варьируют от 20,0 до 75,0 т/га. Однако работы, характеризующие лесную подстилку на вырубках ельников, фрагментарны [8, 22, 23].

Цель данной работы – изучение формирования лесной подстилки на вырубках после сплошнолесосечной рубки ельников средней тайги. При этом решались следующие задачи: определение динамики поступления и разложения растительного опада; оценка процессов минерализации растительных остатков органогенного горизонта и выявление запасов лесной подстилки на 4–6-летних вырубках ельников черничного влажного и долгомошно-сфагнового.

Исследования проводили в подзоне средней тайги в Республике Коми, на территории Чернамского лесного стационара Института биологии Коми научного центра УрО РАН (62°01' с.ш., 52°28' в.д.) в период 2009–2012 гг. на вырубках ельников черничного влажного и долгомошно-сфагнового, развивающихся на торфянисто-подзолисто-глееватых супесчаных на суглинках почвах. Сплошнолесосечная рубка была проведена в зимний период 2006 г., применен трехпасечный способ разработки лесосек с сохранением подроста. Ширина пасечных участков равна 30 м, трелевочных волоков – 10 м, срок примыкания лесосек составляет 6 лет [15, 21].

На вырубке ельника черничного влажного число растущих деревьев, оставленных в качестве тонкомерных в недорубе и семенников, составляет 400, в том числе ели (*Picea obovata*) – 295, березы (*Betula pubescence*, *B. pendula*) – 100, сосны (*Pinus sylvestris*) – 5 экз/га. Сухостойных деревьев – 30 экз./га. Равномерно распространенный подрост 8385 экз./га имеет состав БЕЗБ1РедСОСИ. Он представлен в основном категориями мелкой и средней крупности. Травяно-кустарничковый ярус с общим проективным покрытием (ОПП) 60 % пасечных участков образован черникой (*Vaccinium myrtillus*), брусникой (*Vaccinium vitis-idaea*), линнеей северной (*Linnaea borealis*), майником (*Maiáanthemum bifólium*), осокой шаровидной (*Carex globularis*), хвощом (*Equisetum sylvaticum*), луговиком извилистым (*Deschampsia flexuosa*). Моховый покров с ОПП 80...90 % формируют *Pleurozium schreberi* и *Sphagnum wulfianum*, *S. girgensohnii*, *S. russowi*, пятнами встречаются *Polytrichum commune* и *Hylocomium splendens*, редко – *Dicranum polysetum*. Травяно-кустарничковый ярус волока с ОПП 50...60 % представлен брусникой, линнеей северной, майником, ожикой волосистой (*Luzula pilosa*), хвощом, луговиком извилистым, иван-чаем (*Chamérion angustifólium*). Моховой покров его с ОПП 20...30 % образуют *Polytrichum commune*, *Sphagnum wulfianum*, *S. girgensohnii*, *S. russowi*, *Pleurozium schreberi*, пятнами – *Dicranum polysetum*.

На вырубке ельника долгомошно-сфагнового количество тонкомерных деревьев ели, сосны, березы и семенников составляет 588 экз./га, сухостойных деревьев – 212 экз./га. Подрост (6788 экз./га) удовлетворительного состояния, состав 7БЗЕ. Ель – предварительного происхождения разной высоты, береза – последующего происхождения в основном мелкой категории высот. На пасечных участках с проективным покрытием 70 % площади произрастают черника, брусника, линнея северная, осока шаровидная, хвощ, луговик извилистый и иван-чай. Моховый ярус почти сплошной, доминирующее положение занимают *Polytrichum commune* и *Sphagnum wulfianum*, *S. girgensohnii*, *S. russowii*, пятнами – *Dicranum polysetum*. Травяно-кустарничковый ярус волока с ОПП около 70 % состоит из брусники, линнеи северной, хвоща, луговика извилистого и иван-чая. Моховой покров с ОПП 60 % состоит из *Polytrichum commune* в сочетании с *Sphagnum girgensohnii*, *S. russowii*, *S. angustifolium*, реже с зелеными мхами.

Количество (массу) опада растений древесного яруса определяли с помощью опадоулавливателей размером 50×50 см в 20-кратной повторности. Опад, собранный дважды (осенью и весной) и разделяли на фракции. Для учета опада кустарничков и мхов по их приросту срезали побеги текущего года на 20 площадках размером 20×20 см. Ежегодную отмирающую массу мхов принимали равной 70, черники – 100, брусники и линнеи – 30 % прироста [20]. Опад корней многолетних растений травяно-кустарничкового яруса в среднем составляет 25 % от общей их массы [24]. Опад подземных частей древесных растений учитывали через массу и продолжительность жизни сосущих и мелких проводящих корней [19].

Для оценки разложения опада в лесную подстилку в пятикратной повторности закладывали растительные остатки опада и лесной подстилки в капроновых мешочках. Подстилку отбирали металлическим шаблоном площадью 98 см² в 20-кратной повторности [20]. Лесную подстилку разделяли на 3 подгоризонта: листовой (L), ферментативный (F) и гумусовый (H).

Содержание углерода и азота в отдельных фракциях опада растительных остатков и подстилки определяли на базе экоаналитической лаборатории «Экоаналит» Института биологии Коми НЦ Уро РАН, аккредитованной в Системе аккредитации аналитических лабораторий (центров) Росстандарта России (аттестат РОСС RU.0001.511257 от 16 апреля 2009 г.). Содержание углерода и азота в растительных и почвенных образцах оценивали методом газовой хроматографии на автоматическом анализаторе EA-1110 фирмы «Carlo Erba» (Италия).

Масса органического вещества, поступающего в почву с опадом надземных органов и корней древесных растений, на 4–6-летней вырубке ельника черничного влажного составляет 366,1; долгомошно-сфагнового – 412,1 кг/га (рис. 1).

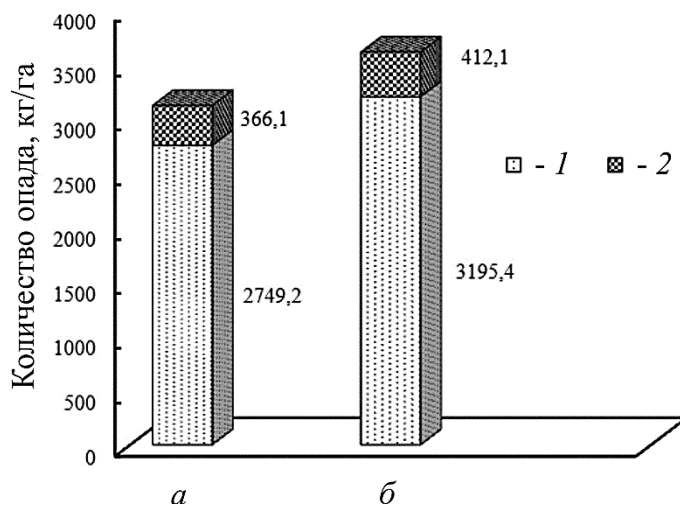


Рис. 1. Количество опада на 4–6-летних вырубках ельников черничного влажного (а) и долгомошно-сфагнового (б): 1 – опад растений напочвенного покрова, 2 – опад древесных растений

На вырубках ельника черничного влажного и долгомошно-сфагнового масса опада в 2011 г. была меньше, чем в 2009 и 2010 гг., что, видимо, определяется разными погодными условиями исследуемого периода. Весна в 2009 и 2010 гг. характеризовалась теплой погодой. Относительно теплый май способствовал быстрому просыханию и прогреванию верхних слоев почвы. В июне и июле была неустойчивая погода: наблюдалась повышенная влажность и на фоне умеренно-холодной погоды отмечались значительные потепления. В августе средняя температура была близка к норме, резкое похолодание произошло во второй декаде августа. Сентябрь и октябрь отличались прохладной погодой, со среднемесячной температурой в пределах нормы.

За вегетационный период осадки распределялись неравномерно: в июне осадков выпало больше нормы, июль был засушливым, с августа по октябрь наблюдался недостаток осадков. Вегетационный период 2011 г. отличался весьма неустойчивой погодой. Теплые периоды мая чередовались со значительными похолоданиями. В жарком июне с недостатком осадков также наблюдались резкие похолодания. Июль характеризовался умеренно теплой и сухой погодой. В августе температура восстановилась до нормы. В летний период наблюдался недостаток осадков. В сентябре и октябре преобладала теплая с кратковременными ливневыми дождями погода. Следовательно, можно предположить, что относительно неблагоприятные климатические факторы в 2011 г. не способствовали развитию листового аппарата растений, который составляет значительную часть массы опада.

Таблица 1
 Годовое количество опада (кг абс. сух. вещества/га) древесного яруса на 4–6-летних вырубках ельников

| Компоненты опада | Черничный влажный | | | | | Долгомошно-сфагновый | | | | |
|------------------------|-------------------|---------|---------|---------------------|-----|----------------------|---------|---------|---------------------|-----|
| | 2009/10 | 2010/11 | 2011/12 | $\bar{X} \pm S_x^*$ | %** | 2009/10 | 2010/11 | 2011/12 | $\bar{X} \pm S_x^*$ | %** |
| Листья (хвоя): | | | | | | | | | | |
| ель | 96,8 | 118,7 | 87,9 | 101,1±11,7 | 28 | 184,3 | 120,9 | 83,8 | 129,7±36,4 | 31 |
| сосна | 16,2 | 5,6 | 1,8 | 7,9±5,6 | 2 | 10,5 | 8,7 | 2,3 | 7,2±3,2 | 2 |
| береза | 151,2 | 116,0 | 8,7 | 92,0±55,5 | 25 | 96,1 | 158,5 | 19,8 | 91,5±47,8 | 22 |
| <i>Всего</i> | | | | | 55 | | | | | 55 |
| Ветви: | | | | | | | | | | |
| ель | 63,4 | 34,1 | 34,3 | 43,9±13,0 | 12 | 74,3 | 42,8 | 34,9 | 50,7±15,8 | 11 |
| сосна | 6,2 | 4,6 | 9,0 | 6,6±1,6 | 2 | 5,6 | 7,2 | 8,1 | 7,0±0,9 | 3 |
| береза | 7,3 | 1,0 | 6,1 | 4,8±2,5 | 1 | 14,3 | 26,4 | 24,4 | 21,7±4,9 | 5 |
| <i>Всего</i> | | | | | 15 | | | | | 19 |
| Кора: | | | | | | | | | | |
| ель | 2,9 | 0,3 | – | 1,6±1,2 | 0,5 | 0,9 | 0,3 | – | 0,6±0,3 | 0,2 |
| сосна | 0,1 | 7,1 | 4,7 | 4,0±2,6 | 1,5 | 5,6 | 1,9 | 2,0 | 3,2±1,6 | 0,8 |
| береза | 12,7 | – | – | 12,7±0,0 | 3,0 | – | – | – | – | – |
| <i>Всего</i> | | | | | 5 | | | | | 1 |
| Корни: | | | | | | | | | | |
| ель | 54,4 | 29,3 | 29,5 | 37,7±11,1 | 10 | 65,8 | 37,9 | 30,9 | 44,9±14,0 | 11 |
| сосна | 3,9 | 2,9 | 5,6 | 4,1±1,0 | 1 | 3,5 | 4,5 | 5,1 | 4,4±0,6 | 1 |
| береза | 5,3 | 1,0 | 4,4 | 3,5±1,7 | 1 | 7,8 | 14,4 | 13,3 | 11,8±2,7 | 3 |
| <i>Всего</i> | | | | | 12 | | | | | 15 |
| Репродуктивные органы: | | | | | | | | | | |
| сеережки березы | 0,3 | 0,8 | 13,4 | 4,8±5,7 | 1 | – | 0,7 | 7,2 | 4,0±3,0 | 1 |
| шишки сосны | – | 23,3 | 10,4 | 16,9±8,0 | 5 | 2,7 | 4,6 | 8,1 | 5,1±2,0 | 1 |
| шишки ели | – | – | – | – | – | – | 3,8 | – | 3,8±0,0 | 1 |
| <i>Всего</i> | | | | | 6 | | | | | 3 |
| Лишайники-эпифиты | 0,1 | 5,8 | 6,7 | 4,2±2,7 | 1 | 0,8 | 5,1 | 4,7 | 3,5±1,8 | 1 |
| Труха*** | 0,7 | 38,5 | 21,6 | 20,3±13,0 | 6 | 4,3 | 28,8 | 36,0 | 23,0±12,5 | 6 |
| Итого | 421,5 | 389,0 | 244,1 | 366,1±71,6 | 100 | 476,5 | 466,5 | 280,6 | 412,1±84,8 | 100 |

* Здесь и далее, в табл. 2 и 3, \bar{X} – среднее значение, S_x – ошибка среднего значения.

** Здесь и далее, в табл. 2, процент от общей массы.

*** Измельченные компоненты растительных остатков, которые трудно идентифицировать.

По данным В.Г. Чертовского [23], в условиях Архангельской области на 1–4-летних условно-сплошных вырубках ельника черничного влажного (при сохранении на корню не более 10...20 % общего запаса осины и березы, а также части тонкомера ели) опад хвои и листвы древесных растений не превышает 140...150 кг/га, тогда как ежегодный опад травяно-моховой растительности составляет 4...5 т/га, что на 30...40 % больше, чем на исследуемых среднетаежных 4–6-летних вырубках еловых ценозов Республики Коми.

Выявлено, что в условиях средней тайги в развивающихся фитоценозах на вырубках ельников черничного влажного и долгомошно-сфагнового 60,3 и 55,4 % ежегодного опада древесных растений приходится на надземные органы. Корни составляют соответственно 39,7 и 44,6 % от массы поступающего за год органического вещества. Распределение годичного древесного опада по фракциям на исследуемых вырубках ельников довольно сходное: хвоя – 30...33, листья березы – 22...25, ветви деревьев – 15...19, корни деревьев – 12...15, кора – 1...5 % (табл. 1). В составе древесного опада заметно участие репродуктивных органов. На вырубке ельника черничного влажного шишки ели составляют 5, эпифитные лишайники – около 1, прочие компоненты растительных остатков (труха) – 6 % от общей массы годичного древесного опада.

На вырубках рассматриваемых ельников наблюдается довольно близкое распределение опада древесного яруса по сезонам года. На зимне-весенний опад приходится 52...58, на летний – 20...23, на осенний – 22...25 % от общей массы опада (рис. 2). Анализируя сезонную динамику поступления опада, необходимо отметить, что листья лиственных древесных растений опадают в сентябре и октябре, 65...70 % опавшей за год хвои поступает на поверхность почвы в зимне-весенний период, 20...22 % – в летние месяцы, 12...17 % – осенью. Поступление опада ветвей деревьев распределяется следующим образом, %: 40...50 – в зимне-весенний период, 30...40 – летом, 10...20 – осенью. Неравномерное поступление древесного опада, в свою очередь, оказывает влияние на процесс его разложения на рассматриваемых вырубках. В.Г. Чертовским [23] отмечено, что опад древесных пород на свежих вырубках не играет большой роли в формировании органогенного горизонта, основное участие в этом процессе принимают растения травяно-кустарничкового яруса и мохово-лишайникового покрова. Согласно нашим данным, опад растений напочвенного покрова составляет около 89 % от общего его количества на исследуемых вырубках ельников (см. рис 1).

Так, на вырубке ельника черничного влажного средний годовой опад мхов и травянистых растений равен 612,3 и 393,0 кг/га; на вырубке ельника долгомошно-сфагнового – соответственно 573,9 и 401,0 кг/га (табл. 2). Опад многолетних кустарничков, представленных черникой и брусникой, на вырубке ельника черничного влажного составляет 548,9, ельника долгомошно-сфагнового – 679,5 кг/га в год. Масса опада корней травяно-кустарничкового яруса равна 43...48 % от общей массы опада растений напочвенного покрова исследуемых вырубок. Таким образом, количество органической массы, поступающей в почву с опадом надземных органов и корней всех растений фитоценозов, на 4–6-летних вырубках ельника черничного влажного – 3115, долгомошно-сфагнового – 3608 кг/га в год.

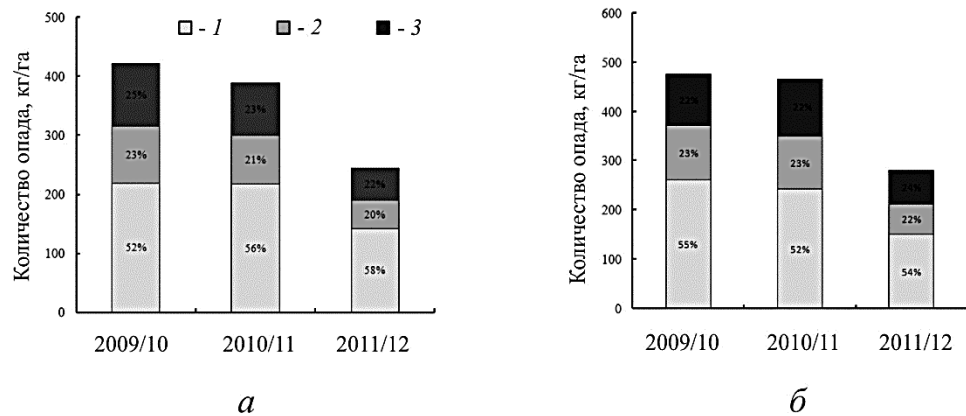


Рис. 2. Поступление древесного опада в годовом цикле на вырубках ельников черничного влажного (а) и долгомошно-сфагнового (б): 1 – ноябрь–май, 2 – июнь–август, 3 – сентябрь–октябрь

Таблица 2

Годовое количество опада (кг абс. сух. вещества/га) растений напочвенного покрова на 4–5-летних вырубках ельников

| Компоненты опада | $\bar{X} \pm S_x$ | % |
|-----------------------------|-------------------|-----|
| <i>Черничный влажный</i> | | |
| Кустарнички: | 548,9±5,5 | 20 |
| черника | 521,0±3,0 | 19 |
| брусника | 27,9±0,8 | 1 |
| Травы | 393,0±4,5 | 14 |
| Корни кустарничков и трав | 1195,0±9,8 | 43 |
| Мхи: | 612,3±8,8 | 22 |
| зеленые | 151,9±2,3 | 5 |
| политриховые | 144,0±2,2 | 5 |
| сфагновые | 316,4±4,3 | 12 |
| Итого | 2749,2±16,3 | 100 |
| <i>Долгомошно-сфагновый</i> | | |
| Кустарнички: | 679,5±9,6 | 21 |
| черника | 663,0±8,9 | 20 |
| брусника | 16,5±0,6 | 1 |
| Травы | 401,0±4,3 | 13 |
| Корни кустарничков и трав | 1541,0±9,4 | 48 |
| Мхи: | 573,9±6,5 | 18 |
| зеленые | 61,6±8,1 | 2 |
| политриховые | 118,3±2,3 | 4 |
| сфагновые | 394,0±4,5 | 12 |
| Итого | 3195,4±22,2 | 100 |

Наблюдения за разложением растительных остатков проводили в 2010-2011 гг. Известно, что интенсивность разложения растительных остатков определяется массой, составом опада и гидротермическими условиями почв [4, 5, 16]. Результаты показали, что наиболее интенсивно разлагается активная часть опада, к которой относятся листья, хвоя, почечная чешуя, семена и соцветия древесных растений [11].

За первый год наибольшая скорость деструкции наблюдается у листьев березы на вырубках ельников черничного влажного (47,6 %) и долгомошно-сфагнового (40,7 %), за второй год эксперимента – соответственно 58,0 и 54,6 % (табл. 3).

По интенсивности разложения в убывающем порядке следуют: листья березы > листья брусники > хвоя сосны > хвоя ели > мхи > ветви > кора. Существенное уменьшение массы листьев березы отмечено в первый год, в последующий период скорость разложения резко снижается. Для хвои ели и сосны увеличение темпов разложения наблюдается на второй год эксперимента. Компоненты древесного опада, относящиеся к неактивной фракции (ветви, кора, шишки), распадаются очень медленно. Так, потеря массы коры за первый год составляет от 2,2 % у сосны до 11,3 % у березы. Существенную

Таблица 3

Потеря массы (%) при разложении основных компонентов опада и подстилки на вырубках ельников

| Компоненты опада, слой подстилки | Черничный влажный | | Долгомошно-сфагновый | |
|----------------------------------|-------------------|----------|----------------------|----------|
| | $\bar{X} \pm S_x$ | | | |
| | 1 год | 2 года | 1 год | 2 года |
| Листья (хвоя): | | | | |
| береза | 47,6±0,7 | 58,0±0,5 | 40,7±0,8 | 54,6±0,5 |
| ель | 18,4±1,2 | 42,1±0,8 | 19,5±1,2 | 38,8±0,9 |
| сосна | 24,5±0,04 | 40,9±0,8 | 27,9±1,0 | 38,3±0,6 |
| Ветви: | | | | |
| ель | 8,6±0,4 | – | 9,1±0,9 | – |
| береза | 14,0±0,9 | – | 18,6±0,8 | – |
| сосна | 12,1±0,8 | – | 14,4±0,9 | – |
| Кора: | | | | |
| ель | 3,2±0,4 | – | 5,8±0,9 | – |
| береза | 10,9±1,4 | – | 11,3±1,4 | – |
| сосна | 2,2±0,4 | – | 3,3±0,6 | – |
| Кустарнички: | | | | |
| брусника | 32,2±1,0 | – | 40,0±0,8 | – |
| черника | 62,1±0,4 | – | 64,3±0,4 | – |
| Мхи: | | | | |
| сфагновые | 24,7±1,1 | – | 38,8±0,9 | – |
| политриховые | 32,6±1,0 | – | 42,1±0,8 | – |
| зеленые | 31,5±1,0 | – | 30,5±1,0 | – |
| Слой подстилки: | | | | |
| L | 17,3±1,0 | – | 15,4±0,04 | – |
| F | 10,4±0,7 | – | 9,3±0,8 | – |
| H | 7,3±0,8 | – | 6,9±0,8 | – |

роль в формировании подстилки на вырубках ельников на торфянисто-подзолисто-глееватых почвах играет опад мохового яруса. Максимальный удельный вес в структуре опада в них имеют политриховые мхи.

На вырубках наблюдаются сравнительно быстрые темпы разложения брусники в ельниках (32,2 %) черничном влажном и долгомошно-сфагновом (40,0 %). Потеря массы подгоризонтов лесной подстилки варьирует в пределах 6,9...17,3 %. На вырубках обоих типов еловых сообществ органический горизонт сложен из листьев разной степени разложения, в его составе присутствуют корни, ветви и кора деревьев.

Исследования [23] на вырубках ельников черничных влажных Архангельской области показывают, что на свежей вырубке масса лесной подстилки уменьшается. Так, под пологом леса она составляет 42...53, на 4-летней вырубке – 30...40 т/га. В первые годы после рубки на вырубках, особенно долгомошных, характерно увеличение мощности и уменьшение запаса подстилки, что подтверждается и нашими исследованиями. Отмечено увеличение мощности (высоты) подстилки на вырубке ельника черничного влажного от 11,0 [2, 3] до 11,8 см на волоке и 12,2 см на пасечных участках, на вырубке долгомошно-сфагнового ельника – от 17,0 [2, 3] до 18,4 и 19,0 см соответственно (табл. 4). Накоплению мощной подстилки способствует слабая скорость разложения опада в условиях низких положительных температур и высокой влажности [4, 9]. В спелом ельнике черничном влажном запас подстилки (масса ее с 1 га) составляет 54,0, в ельнике долгомошно-сфагновом – 75,1 [3, 4], на вырубках – 47,5 и 63,9 т/га соответственно (табл. 4).

Таблица 4

Характеристика лесной подстилки на 4-летних вырубках ельников

| Элемент вырубки | Подгоризонт подстилки | Мощность, см | Масса с 1 га, т | Массовая доля, % | | C/N |
|-----------------------------|--------------------------|-----------------|--------------------|------------------|-----------|-----|
| | | | | C | N | |
| <i>Черничный влажный</i> | | | | | | |
| Пасека | L | 6,4 | 19,38 | 46,0±1,5 | 1,39±0,25 | 33 |
| | F | 2,6 | 10,86 | 42,9±1,4 | 1,20±0,22 | 35 |
| | H | 3,2 | 12,96 | 26,7±0,9 | 0,74±0,13 | 36 |
| | <i>Всего</i> | 12,2 | 43,2±4,2 | – | – | 35 |
| Волок | L | 5,9 | 2,12 | 45,4±1,3 | 1,19±0,15 | 38 |
| | F | 2,4 | 1,01 | 41,5±0,8 | 1,25±0,24 | 33 |
| | H | 3,5 | 1,19 | 25,9±0,7 | 0,70±0,10 | 37 |
| | <i>Всего</i> | 11,8 | 4,3±3,5 | – | – | 36 |
| Итого | | 12,0±1,2 | 47,5±3,9 | – | – | 35 |
| <i>Долгомошно-сфагновый</i> | | | | | | |
| Пасека | L | 9,6 | 26,58 | 46,9±1,5 | 1,36±0,25 | 34 |
| | F | 5,8 | 20,20 | 43,1±1,4 | 1,23±0,22 | 35 |
| | H | 3,6 | 10,81 | 42,6±1,4 | 1,49±0,27 | 28 |
| | <i>Всего</i> | 19,0 | 57,6±2,4 | – | – | 33 |
| Волок | L | 8,9 | 3,09 | 46,0±1,0 | 1,26±0,23 | 36 |
| | F | 5,5 | 2,01 | 42,8±1,4 | 1,20±0,22 | 35 |
| | H | 3,9 | 1,20 | 32,6±0,8 | 1,09±0,17 | 29 |
| | <i>Всего</i> | 18,4 | 6,3±4,2 | – | – | 34 |
| Итого | | 18,7±1,3 | 63,9±3,3 | – | – | 33 |

Показатель C/N (соотношение углерод/азот) косвенно характеризует степень разложения и гумификации растительных остатков [1]. Наиболее интенсивно разлагаются листья березы, C/N которых составляет 35...38. Это соотношение у хвой ели и сосны варьирует от 40 до 66 (табл. 5). Показатель C/N служит и индикатором биологической деструкции древесины. В условиях Севера разрушение древесины ветвей и сучьев является многоступенчатым процессом, который может много раз прерываться из-за колебаний влажности и температуры и частых понижений последней. Так, если в условиях средней тайги Карелии в первую очередь разлагаются ветви и более мелкие порубочные остатки, то в условиях северной тайги биологическому разрушению подвергаются вначале более крупные порубочные остатки, которые при данных условиях испытывают меньшие колебания влажности и температуры [12].

Таблица 5

**Содержание азота и углерода
в древесном опаде на 4-летних вырубках ельников**

| Компоненты опада | N | | C | C/N |
|-----------------------------|------------------------|-----------|-----|-----|
| | % на абс. сух. навеску | | | |
| <i>Черничный влажный</i> | | | | |
| Листья (хвоя): | | | | |
| ель | 1,20±0,15 | 47,8±1,60 | 40 | |
| береза | 1,42±0,25 | 49,5±1,60 | 35 | |
| сосна | 1,20±0,22 | 52,1±1,70 | 43 | |
| Ветви: | | | | |
| ель | 1,10±0,19 | 49,9±1,60 | 45 | |
| береза | 1,14±0,20 | 48,6±1,60 | 43 | |
| сосна | 0,85±0,11 | 51,1±1,60 | 60 | |
| Кора: | | | | |
| ель | 0,47±0,08 | 49,4±1,60 | 105 | |
| береза | 0,50±0,09 | 66,3±2,00 | 133 | |
| сосна | 0,35±0,06 | 49,7±1,60 | 142 | |
| <i>Долгомошно-сфагновый</i> | | | | |
| Листья (хвоя): | | | | |
| ель | 1,17±1,60 | 48,6±0,15 | 42 | |
| береза | 1,31±1,60 | 49,3±0,18 | 38 | |
| сосна | 0,78±1,70 | 51,6±0,14 | 66 | |
| Ветви: | | | | |
| ель | 0,98±1,60 | 49,4±0,20 | 50 | |
| береза | 0,86±1,50 | 48,3±0,19 | 56 | |
| сосна | 1,06±1,60 | 50,8±0,16 | 48 | |
| Кора: | | | | |
| ель | 0,50±0,09 | 49,9±1,60 | 100 | |
| береза | 0,48±0,08 | 62,3±1,88 | 130 | |
| сосна | 0,36±0,06 | 49,2±1,60 | 137 | |

Согласно данным [12], в северной тайге Карелии, на сплошных вырубках сосновых сообществ, через год после разложения кора сосны имеет $C/N = 107,4$, ветви – $56,5$, что объясняется большей плотностью остатков разложившейся коры и незначительным содержанием азота. Авторами отмечено, что при проникновении в кору и древесину грибов и личинок насекомых это отношение снижается за счет увеличения содержания азота. Довольно близкие значения C/N получены нами для коры ели, березы, сосны на вырубках ельников черничного влажного (105, 133, 142) и долгомошно-сфагнового (100, 130, 137). У ветвей древесных растений этот показатель составляет $43...60$ (табл. 5).

При расчетах скорости разложения подстилок на вырубках более корректно использовать значение массы их органического вещества [14]. Авторами отмечено, что не всякая убыль массы подстилок на пораненных поверхностях почвы может служить показателем возросшей скорости разложения. Здесь происходит и механическое перераспределение (сдирание) подстилок.

Оценка разложения подстилки показала, что наиболее активно разлагается листовая (L) слой, доля которого на вырубке ельника черничного влажного достигает $17,3$, на вырубке долгомошно-сфагнового – $15,4$ %. В ферментативном слое (F) за год убыль в массе растительных остатков равна $10,4$, в гумусированном (H) – $7,3$ % массы органического вещества подгоризонтов подстилки на вырубке ельника черничного влажного и соответственно $9,3$ и $6,9$ % на вырубке ельника долгомошно-сфагнового. В гумусированном слое разложение происходит довольно медленно. Причинами низкой способности разложения растительных остатков лесной подстилки являются как увеличение влажности почвы после рубки древостоя, так и значительное участие в составе органического вещества подстилки кукушкина льна и сфагновых мхов. Кукушкин лен своими многочисленными ризоидами активно пронизывает подстилку и верхнюю часть подзолистого горизонта. На вырубке ельника черничного влажного в лесной подстилке соотношение C/N составляет в среднем $35,0$ на вырубке ельника долгомошно-сфагнового – $32,7$. В процессе гумификации и минерализации растительных остатков изменяется минеральный состав. Следовательно, для оценки начальной стадии разложения подстилок целесообразно использовать изменение их зольного состава.

Выводы

1. Масса органического вещества, поступающего в почву с опадом растительных фитоценозов на 4–6-летней вырубке ельника черничного влажного составляет 3115 , долгомошно-сфагнового – 3608 кг/га; основную массу опада (89 %) образуют растения напочвенного покрова; $55...60$ % ежегодного опада приходится на надземные органы, прежде всего на хвою и листья.

2. По интенсивности разложения растительные остатки в убывающем порядке следуют: листья березы > листья брусники > хвоя сосны > хвоя ели > мхи > ветви > кора.

3. Разложение подстилки наиболее активно происходит в листовом подгоризонте, в ферментативном горизонте скорость разложения в 1,5 раза ниже, в гумусированном подгоризонте разложение растительных остатков происходит еще медленнее. Невысокая скорость разложения растительных остатков способствует формированию мощной подстилки и уменьшению на 15...20 % ее запаса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аристовская Т.В.* Микробиология подзолистых почв. М.; Л.: Наука, 1965. 183 с.
2. *Бобкова К.С.* Биологическая продуктивность лесов Европейского Северо-Востока. Л.: Наука, 1987. 156 с.
3. *Бобкова К.С.* Биологическая продуктивность и компоненты баланса углерода в заболоченных коренных ельниках Севера // *Лесоведение*. 2007. № 6. С. 45–54.
4. *Богатырев Л.Г.* Образование подстилок – один из важнейших процессов в лесных экосистемах // *Почвоведение*. 1996. № 4. С. 501–511.
5. *Ведрова Э.Ф.* Разложение органического вещества лесных подстилок // *Почвоведение*. 1997. № 2. С. 216–223.
6. *Германова Н.И.* Разложение опада как показатель интенсивности круговорота элементов в лесных насаждениях Южной Карелии // *Лесоведение*. 2000. № 3. С. 30–35.
7. *Дылис Н.В.* Лесная подстилка в биогеоценотическом освещении // *Лесоведение*. 1985. № 5. С. 3–8.
8. *Дымов А.А., Бобкова К.С., Тужилкина В.В., Ракина Д.А.* Растительный опад в коренном ельнике и лиственно-хвойных насаждениях // *Лесн. журн.* 2012. № 3. С. 7–18. (Изв. высш. учеб. заведений).
9. *Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.Н.* Определение запасов углерода по зависимым от возраста насаждений конверсионно-объемным коэффициентам // *Лесоведение*. 1998. № 3. С. 84–93.
10. *Казимиров Н.И., Морозова Р.М.* Биологический круговорот веществ в ельниках Карелии. Л.: Наука, 1973. 176 с.
11. *Карначевский Л.О.* Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе. М.: Изд-во МГУ, 1977. 312 с.
12. *Козловская Л.С., Ласкова Л.М.* Разложение древесных остатков на вырубках в условиях севера // *Лесоводственные и экологические последствия рубок в лесах Карелии*. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1986. С. 92–107.
13. *Кузнецов М.А.* Влияние условий разложения и состава опада на характеристики и запас подстилки в среднетаежном чернично-сфагновом ельнике // *Лесоведение*. 2010. № 6. С. 54–60.
14. *Лазарева И.П., Вуоримаа Т.А.* Влияние сплошных рубок леса на свойства песчаных подзолов северной Карелии // *Лесоводственные и экологические последствия рубок в лесах Карелии*. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1986. С. 61–79.
15. Лесохозяйственный регламент Чернамского стационара ФГУП «Центрлеспроект». № 6 от 23 апреля 2007. 72 с.
16. *Малишевская В.А.* Динамика опада и скорость его минерализации // *Структура и продуктивность еловых лесов южной тайги*. Л.: Наука, 1973. 311 с.

17. Манаков К.Н., Никонов В.В. Биологический круговорот минеральных элементов и почвообразование в ельниках Крайнего Севера. Л.: Наука, 1981. 196 с.
18. Никонов В.В., Лукина Н.В. Биогеохимические функции лесов на северном пределе распространения. Апатиты: Ин-т проблем пром-ти, 1994. 315 с.
19. Орлов А.Я. Метод определения массы корней деревьев в лесу и возможность учета годичного прироста органической массы в толще лесной почвы // Лесоведение. 1967. № 1. С. 64–70.
20. Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л.: Наука, 1968. 140 с.
21. Руководство по технологии и организации лесосечных работ при сплошных и несплошных рубках. Сыктывкар: ООО НПФ «Ниокр», 2002. 48 с.
22. Семенова В.Г. Влияние рубок главного пользования на почвы и круговорот веществ в лесу. М.: Лесн. пром-сть, 1975. 184 с.
23. Чертовской В.Г. Долгомощные вырубки, их образование и облесение. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 136 с.
24. Dahlman K.C., Kuceera C.L. Root productivity and turnover in native prairie // Ecology. 1965. Vol. 46. P. 40–48.
25. Działowiec H. The decomposition of plant litter fall in an oak-linden-hornbeam forest and oak-pine mixed forest of the Białowieża National Park // Acta Soc. Bot. Pol. 1987. Vol. 56. P. 169–185.
26. Edmonds R. L. Decomposition rates and nutrient dynamics in small-diameter woody litter in four forest ecosystems in Washington, USA // Can. J. Forest Res. 1987. Vol. 17, N 5. P. 499–509.

Поступила 18.09.13

The Role of Tree Waste in the Litter Layer Formation in Cutting Areas of Middle Taiga Spruce Forests

N.V. Likhanova, Leading Chemical Engineer, PhD Candidate

Institute of Biology, Komi Science Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Kommunisticheskaya, 28, Syktyvkar, 167982, Russia
E-mail: lihanad@mail.ru

The paper studied the degradation of plant residues in 4–6-year-old cutting areas after clear-cutting of middle taiga spruce forests. The dynamics of tree waste fall and decomposition was established. The mineralization of plant residues of the O horizon was evaluated. The density of litter layer in the cutting areas of blueberry and polytric-sphagnum spruce forests was identified. Weight of organic matter, entering the soil with tree waste, in the cutting area of blueberry spruce forest is 3115 kg/ha, polytric-sphagnum – 3608 kg/ha, 55–60 % of which is litter from aboveground organs. The bulk of the tree waste (89 %) is formed by the ground cover plants – moss and grass. The rate of decomposition in descending order is as follows: birch leaves > cowberry leaves > pine needles > spruce needles > moss > branches > bark. The most active decomposition is observed in birch leaves, their C/N (carbon/nitrogen) ratio being 35–38. In spruce and pine needles, this value ranges from 38 to 43, in branches of woody plants – from 48 to 60, and in bark – from 105 to 142.

The most active litter layer decomposition is observed in the subhorizon consisting of leaves: in the cutting area of blueberry spruce forest it is 17.3 % per year and in that of poly-

tric-sphagnum spruce forest – 15.4 %. In the enzymatic subhorizon there are decomposed 10.4 and 9.3 % of organic matter of plant residues per year, respectively. In the humus subhorizon, decomposition of plant residues is rather slow (about 7 %). The low rate of plant residues decomposition in the cutting area of blueberry spruce forest facilitates the formation of a rather thick litter layer (12.0 cm), with a total density of organic matter 47.5 t/ha and capacity of 18.7 cm, the density in the cutting area of polytric-sphagnum spruce forest being 63.9 t/ha.

Keywords: middle taiga, spruce forest, tree waste, decomposition, cutting, litter layer.

REFERENCES

1. Aristovskaya T.V. *Mikrobiologiya podzolistykh pochv* [Microbiology of Podzolic Soils]. Moscow, Leningrad, 1965. 183 p.
2. Bobkova K.S. *Biologicheskaya produktivnost' lesov evropeyskogo Severo-Vostoka* [Biological Productivity of Forests in the European Northeast]. Leningrad, 1987. 156 p.
3. Bobkova K.S. *Biologicheskaya produktivnost' i komponenty balansa ugleroda v zabolochennykh korennykh el'nikakh Severa* [Biological Productivity and Carbon Balance Components in Aboriginal Boggy Spruce Forests of the North]. *Lesovedenie*, 2007, no. 6, pp. 45–54.
4. Bogatyrev L.G. *Образование подстилок – один из важнейших процессов в лесных экосистемах* [Formation of Litter Layer – One of the Most Important Processes in Forest Ecosystems]. *Pochvovedenie*, 1996, no. 4, pp. 501–511.
5. Vedrova E.F. *Razlozhenie organicheskogo veshchestva lesnykh podstilk* [Decomposition of Organic Matter of Forest Litter Layer]. *Pochvovedenie*, 1997, no. 2, pp. 216–223.
6. Germanova N.I. *Razlozhenie opada kak pokazatel' intensivnosti krugovorota elementov v lesnykh nasazhdeniyakh Yuzhnoy Karelii* [Decomposition of Tree Waste as an Indicator of Elements Cycle Intensity in Forest Stands of Southern Karelia]. *Lesovedenie*, 2000, no. 3, pp. 30–35.
7. Dylis N.V. *Лесная подстилка в биогеоценозе* [Forest Litter in the Light of Biogeocenosis]. *Lesovedenie*, 1985, no. 5, pp. 3–8.
8. Dymov A.A., Bobkova K.S., Tuzhilkina V.V., Rakina D.A. *Растительный опад в коренном ельнике и листово-хвойных насаждениях* [Tree Waste in an Aboriginal Spruce Forest and Mixed Stands]. *Lesnoy zhurnal*, 2012, no. 3, pp. 7–18.
9. Zamolodchikov D.G., Utkin A.I., Korovin G.N. *Определение запасов углерода по зависимым от возраста насаждения конверсионно-объемным коэффициентам* [Determination of Carbon Supply by Stand Age-Dependent Conversion-Volume Factors]. *Lesovedenie*, 1998, no. 3, pp. 84–93.
10. Kazimirov N.I., Morozova R.M. *Биологический круговорот веществ в ельниках Karelii* [Biological Circulation of Elements in Spruce Forests of Karelia]. Leningrad, 1973. 176 p.
11. Karpachevskiy L.O. *Pestrota pochvennogo pokrova v lesnom biogeotsenoze* [The Diversity of Soil Cover in Forest Ecosystems]. Moscow, 1977. 312 p.
12. Kozlovskaya L.S., Laskova L.M. *Razlozhenie drevesnykh ostatkov na vyrubkakh v usloviyakh severa* [Decomposition of Tree Waste in Cutting Areas in the North]. *Lesovodstvennye i ekologicheskie posledstviya rubok v lesakh Karelii* [Silvicultural and Ecological Consequences of Logging in the Forests of Karelia]. Petrozavodsk, 1986, pp. 92–107.

13. Kuznetsov M.A. Vliyanie usloviy razlozheniya i sostava opada na kharakteristiki i zapas podstilki v srednetaezhnom chernichno-sfagnovom el'nike [Effect of Decomposition Conditions and Falloff Composition on Litter Reserves and Characteristics in a Bilberry-Sphagnum Spruce Forest of Middle Taiga]. *Lesovedenie*, 2010, no. 6, pp. 54–60.
14. Lazareva I.P., Vuorimaa T.A. Vliyanie sploshnykh rubok lesa na svoystva peschanykh podzolov severnoy Karelii [Influence of Clear-Cutting on the Properties of Sandy Podzols of Northern Karelia]. *Lesovodstvennye i ekologicheskie posledstviya rubok v lesakh Karelii* [Silvicultural and Ecological Consequences of Logging in the Forests of Karelia]. Petrozavodsk, 1986, pp. 61–79.
15. Forestry Regulations for Chernamsky Station of the Federal Unitary Enterprise “Tsentrolesproekt”, no. 6, April 23, 2007. 72 p.
16. Malishevskaya V.A. Dinamika opada i skorost' ego mineralizatsii [Dynamics of Tree Waste, and Its Mineralization Rate]. *Struktura i produktivnost' elovykh lesov yuzhnoy taygi* [The Structure and Productivity of Spruce Forests in Southern Taiga]. Leningrad, 1973. 311 p.
17. Manakov K.N., Nikonov V.V. *Biologicheskii krugovorot mineral'nykh elementov i pochvoobrazovanie v el'nikakh kraynego Severa* [Biological Circulation of Mineral Elements and Soil Formation in Spruce Forests of the Far North]. Leningrad, 1981. 196 p.
18. Nikonov V.V., Lukina N.V. *Biogeokhimicheskie funktsii lesov na severnom predele rasprostraneniya* [Biogeochemical Functions of Forests in the Northern Outreach]. Apatity, 1994. 315 p.
19. Orlov A.Ya. Metod opredeleniya massy korney derev'ev v lesu i vozmozhnost' ucheta godichnogo prirosta organicheskoy massy v tolshe lesnoy pochvy [Method for Determining the Mass of Tree Roots in the Forest and the Possibility of Recording Annual Organic Mass Increase in the Soil Depth]. *Lesovedenie*, 1967, no. 1, pp. 64–70.
20. Rodin L.E., Remezov N.P., Bazilevich N.I. *Metodicheskie ukazaniya k izucheniyu dinamiki i biologicheskogo krugovorota v fitotsenozakh* [Methodological Guidelines for Studying the Dynamics and Biological Cycle in Plant Communities]. Leningrad, 1968. 140 p.
21. *Rukovodstvo po tekhnologii i organizatsii lesosechnykh rabot pri sploshnykh i ne sploshnykh rubkakh* [A Guide to Technology and Organization of Logging Operations at Clear-Cutting and Other Types of Cutting]. Syktyvkar, 2002. 48 p.
22. Semenova V.G. *Vliyanie rubok glavnogo pol'zovaniya na pochvy i krugovorot veshchestv v lesu* [The Influence of Final Felling on the Soil and Circulation of Elements in the Forest]. Moscow, 1975. 184 p.
23. Chertovskoy V.G. *Dolgomoshnye vyrubki, ikh obrazovanie i oblesenie* [Haircap Moss Cutting Areas, Their Formation and Afforestation]. Moscow, 1963. 136 p.
24. Dahlman R.C., Kucera C.L. Root Productivity and Turnover in Native Prairie. *Ecology*, 1965, vol. 46, pp. 84–89.
25. Dziadowiee H. The Decomposition of Plant Litter Fall in an Oak-Linden-Hornbeam Forest and Oak-Pine Miwed Forest of the Bialowieza National Park. *Acta Soc. Bot. Pol.*, 1987, vol. 56, pp. 169–185.
26. Edmonds R.L. Decomposition Rates and Nutrient Dynamics in Small-Diameter Woody Litter in Four Forest Ecosystems in Washington, U.S.A. *Can. J. Forest Res.*, 1987, vol. 17, no. 6, pp. 499–509.
-