

УДК 630*114.351(470.1)

ПОСТУПЛЕНИЕ ДРЕВЕСНОГО ОПАДА НА ПОВЕРХНОСТЬ ПОЧВЫ СРЕДНЕТАЕЖНЫХ СОСНЯКОВ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ

А. Ф. Осипов*Институт биологии Коми научного центра УрО РАН
167982, Республика Коми, Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28*

E-mail: osipov@ib.komisc.ru

Поступила в редакцию 24.05.2024 г.

Растительный опад является связующим потоком между фитоценозом и почвой, а его разложение оказывает влияние на скорость накопления органического вещества в почве. Несмотря на большой фактический материал по массе опада в сосняках России, обобщенные оценки роли условий произрастания в этом процессе единичны. По итогам пятилетних наблюдений (2017–2022 гг.) установлена относительно постоянная скорость потока органического вещества от древесных растений на поверхность лесной подстилки, которая может изредка нарушаться вследствие значительного опада ветвей в зимний период. В среднем поступление опада в сосняке бруснично-лишайниковом составило 233.4 г/(м² · год), черничном – 206.1, сфагновом – 109.6 г/(м² · год), большая часть которого (66–72 %) формируется с мая по октябрь. В относительно чистых по составу насаждениях хвоя сосны (*Pinus L.*) образует 48–62 % от общей массы опада. Существенный вклад также вносят ветви (12–16 %, преимущественно сосновые) и кора сосны (12–14 %). Выявлено, что условия произрастания влияют на долю хвои и шишек сосны, листьев березы (*Betula L.*) в общем количестве древесного опада.

Ключевые слова: сосняки, опад, тип леса, средняя тайга.

DOI: 10.15372/SJFS20240511

ВВЕДЕНИЕ

Поступление растительного опада на поверхность почвы является фундаментальным компонентом круговорота веществ, который обеспечивает связь между фитоценозом и почвой (Jevon et al., 2022). Корреляция между его количеством и скоростью разложения во многом определяет формирование лесной подстилки и, следовательно, оказывает влияние на динамику накопления пула почвенного углерода (Никонов, 1987; Krishna, Mohan, 2017; Кузнецова, 2021). Также фракционный состав растительного опада может воздействовать на разнообразие почвенных беспозвоночных и микроорганизмов (Kuzyakov, Vlagodatskaya, 2015; Безкоровая и др., 2017; Bezkorovaynaya et al., 2017), поэтому его масса служит одним из предикторов при модельных оценках динамики органического вещества и углерода в лесных экосистемах и поч-

ве в частности (Komarov, Shanin, 2012; Чертов и др., 2019).

На поступление опада влияет ряд факторов абиотической и биотической природы. Так, в ряде исследований показана значимость географического положения, температуры воздуха и количества осадков на массу опада (Lehtonen et al., 2008; Portillo-Estrada et al., 2013; Bhatti, Jassal, 2014; Shen et al., 2019; и др.). Также выявлена корреляция между количеством опада и показателями насаждений, определяющих запасы фитомассы, таких как класс бонитета, индекс H_{100} (индекс, используемый для характеристики продуктивности участка на основе высоты деревьев-доминантов в возрасте 100 лет), объем древесины в древостое, сумма площадей сечений и густота деревьев, стадия развития (Berg et al., 1999; Starr et al., 2005; Erkan et al., 2018; и др.).

Для территории Российской Федерации в настоящее время существует довольно обширный

материал, характеризующий поступление, распределение по сезонам и фракционный состав опада в хвойных насаждениях на северо-западе страны (Казимиров и др., 1977; Никонов, Лукина, 1994; Синькевич и др., 2009; Sin'kevich et al., 2009; Иванова, Лукина, 2017; и др.), северо-востоке ее европейской части (Бобкова и др., 1982; Эколого-физиологические основы..., 1993; Осипов, 2017; и др.), Сибири (Трефилова и др., 2011; Трефилова, Ведрова, 2018; Прокушкин и др., 2022; и др.) и Дальнего Востока (Брянин, Абрамова, 2017). Однако большинство работ обычно описывает один, реже два-три типа леса, а обобщающих публикаций, показывающих влияние условий произрастания, в том числе в сходные периоды наблюдений, для оценки роли погодных условий, явно недостаточно.

Цель настоящей работы оценить поступление древесного опада в среднетаежных сосняках на Европейском Северо-Востоке России с учетом условий их произрастания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проходили в 2017–2022 гг. в среднетаежной подзоне Республики Коми на территории Чернамского лесного стационара Института биологии Коми научного центра УрО РАН. Объектами послужили сосняки разных типов: бруснично-лишайниковый, черничный влажный и сфагновый, находящиеся на близких стадиях возрастного развития. Таксационное описание древостоев выполнено на постоянных пробных площадях размером 0.12–0.20 га (табл. 1).

Древесный ярус сосняков, практически чистый по составу, имеет небольшое включение ели и березы. В подросте преобладает береза со слабым участием ели и единичных особей

сосны в черничном и бруснично-лишайниковом насаждениях. В сосняке чернично-сфагновом в подросте много крупных особей сосны, преимущественно сухих и неблагонадежных.

Для сбора древесного опада использовали опадоуловители (ОУ) площадью 0.25 м², которые располагались вне пробных площадей. Стенки ОУ высотой 10 см были изготовлены из дерева, а дно обтянуто синтетической тканью для стока влаги. Для предотвращения деструкции поступившего опада ОУ приподнимали над поверхностью почвы на 5–10 см с целью вентиляции его дна и избежания застоя воды. Также это предохраняло синтетическую ткань от повреждений растущими кустарничками и зарастания мхами. Всего в бруснично-лишайниковом насаждении было установлено 20 ОУ, черничном – 18, сфагновом – 15 ОУ.

Сбор образцов выполняли 2 раза в год: в середине мая после схода снега («холодный» период) и в середине октября после листопада («теплый» период), а их разбор проводили в лаборатории. Выделялись следующие фракции с учетом вида растения: хвоя, листья, ветви, кора, шишки. В дальнейшем общую массу ветвей анализировали без разделения по видам в связи с доминированием сосны и небольшим вкладом ели и березы. Небольшие по массе фракции (эпифитные лишайники, почечные чешуи) и сильно измельченные фракции относили к растительным остаткам (Portillo-Estrada et al., 2013). В связи с тем, что отборы древесного опада не были приурочены по времени к началу года, под годовым потоком понимали сумму двух сборов («теплый» + «холодный» периоды), по длительности он был примерно равен 1 году, поэтому в тексте при описании такого периода приводятся 2 года. Разобранные образцы при 105 °С высушивались до абсолютно сухой массы и взвешивались с точностью 0.01 г.

Таблица 1. Характеристика древесного яруса сосняков

Тип леса	Состав*	N, экз./га	Средние**			G, м ² /га	M, м ³ /га	Ph, т/га
			A, лет	D, см	H, м			
Бруснично-лишайниковый	10С ед. Б	2533	90	11.6	13.9	32	246	183.3
Черничный	9С1Б + Е	1100	104	19.6	15.8	28	231	145.5
Сфагновый	10С ед. Е	1983	100	11.3	10.1	24	137	109.3

Примечание. N – густота древостоя; A – возраст; D – диаметр на высоте 1.3 м; H – высота; G – сумма площадей сечений деревьев; M – запасы древесины; Ph – фитомасса древостоя; С – сосна (*Pinus* L.); Е – ель (*Picea* A. Dietr.); Б – береза (*Betula* L.).

* Состав рассчитан по вкладу породы в общие запасы древесины.

** Приведены данные для деревьев сосны.

Коэффициент 4 использовали для перевода массы образца, собранного на ОУ, на единицу площади ($\text{г}/\text{м}^2$).

Была проведена описательная статистика полученных данных, заключающаяся в расчете средних значений опада отдельных фракций, их ошибок, коэффициента вариации, определении минимальных и максимальных величин. Для парных сравнений применялся t -критерий Стьюдента (p). Оценку межгодовых различий поступления отдельных фракций и опада в целом проводили при помощи факторного анализа ANOVA (p_A) или критерия Краскелла – Уоллиса (p_{kw}) в зависимости от нормальности распределения исходных данных и однородности групповых дисперсий. Обработка полученных данных выполнена в Microsoft Excel и R 4.2.2 при 95%-м уровне значимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Поступление древесного опада в сосняке бруснично-лишайниковом. За 5 лет наблюдений поступление древесного опада в сосняке бруснично-лишайниковом изменялось от 219 до 283 $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ (в среднем $233.4 \pm 4.9 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$), около 66 % которого приходится на «теплый» период (рис. 1). Установлена достоверная

($p_{kw} = 0.018$) межгодовая вариация массы древесного опада. Однако при помощи попарных сравнений установлены более высокие (в 1.2–1.3 раза; $p_t < 0.05$) значения изучаемого параметра в 2021/22 г., тогда как остальные годы исследований сопоставимы между собой в интенсивности потока органического вещества из фитоденоза на поверхность лесной подстилки подзола иллювиально-железистого.

Хвоя сосны образует более половины (53–61 %, в среднем 59 %, $CV = 16$ %) массы древесного опада. Ветви (преимущественно сосновые, с небольшим участием березы) формируют в среднем 15 % (10–26 %, $CV = 112$ %), кора сосны – 13 % (9–15 %, $CV = 30$ %). На шишки сосны и растительные остатки приходится по 5 %, листья березы – 4 %. Межгодовая вариация наблюдалась в поступлении коры сосны ($p_A < 0.001$), растительных остатков ($p_{kw} = 0.002$) и ветвей ($p_{kw} = 0.048$), тогда как масса остальных фракций была относительно постоянна.

Меньшая скорость (в 1.5–1.7 раза) опадения коры сосны отмечалась в 2017/18 г. и составила 20.1 $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, тогда как в остальные периоды исследований значение этого параметра было сопоставимым ($p_t > 0.05$). Загущенный древесный ярус сосняка бруснично-лишайникового характеризуется достаточно интенсивным опадом ветвей, максимальное количество

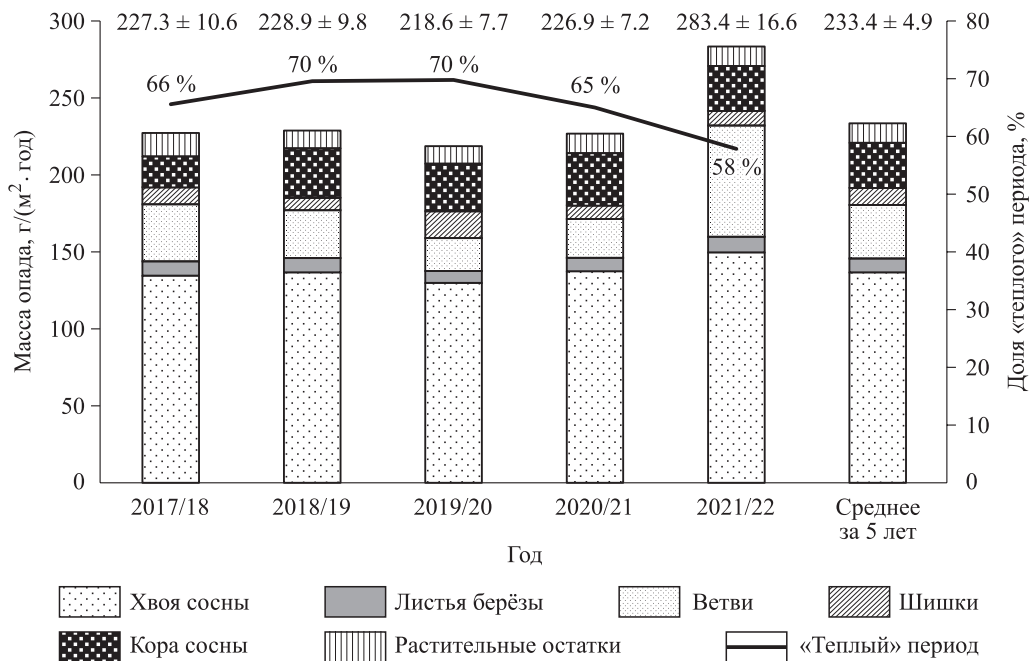


Рис. 1. Межгодовая динамика поступления древесного опада в сосняке бруснично-лишайниковом.

Цифры над диаграммой – масса, $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ и доля «теплого» периода в годовом потоке.

которого ($72.3 \pm 17.9 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$) наблюдалась в 2021/22 г. и послужило причиной снижения до 58 % вклада «теплого» периода в общую массу опада.

Поступление древесного опада в сосняке черничном влажном. В среднетаёжном сосняке черничном влажном годичный опад древесных растений изменяется от 194 до $226 \text{ г}/\text{м}^2$ (в среднем 206.1 ± 6.1 , $CV = 28 \%$), с отсутствием достоверных межгодовых различий ($p_{kw} = 0.089$) (рис. 2). Однако, парные сравнения показали более активное поступление опада в 2017/18 г. по сравнению с 2019/20 г. ($p_t = 0.018$) и 2020/21 г. ($p_t = 0.020$), тогда как для других лет исследований различий не выявлено. Анализ распределения опада по сезонам года показал, что большая его часть (в среднем 69 %) поступает в течение «теплого» периода, с вариацией доли участия в пределах 65–73 %.

Хвоя сосны формирует 44–50 % (в среднем 48 %) от поступления органического вещества древесных растений на поверхность почвы, а ее масса достоверно изменяется в годы исследований ($p_{kw} < 0.001$), что во многом обусловлено более активным ($113.6 \pm 3.0 \text{ г}/\text{м}^2$) опадом в 2017/18 г., тогда как в остальные годы эта величина относительно постоянна ($p_t > 0.05$ во всех случаях). Кора сосны, образуя в среднем 14 % (10–15 %) от потока органического вещества на поверхность лесной подстилки, характеризуется меньшим поступлением в 2020/21 г., тогда как

с 2017 по 2020 г. ее значение не имело достоверной межгодовой вариации. Также стабилен ($19.7\text{--}25.3 \text{ г}/\text{м}^2$; $p_{kw} = 0.195$) опад листьев березы со средним участием 11 %. Ветви древесных растений характеризуются существенным межгодовым разбросом (6–21 %) вклада в общую массу опада, а их интенсивное поступление ($44.1 \pm 22.3 \text{ г}/\text{м}^2$) отмечено в 2021/22 г. Опад шишек сосны, хвои ели и фракции «растительные остатки», формирующие в среднем за 5 лет наблюдений 7, 4 и 6 % соответственно, также не имели межгодовой вариации.

Поступление древесного опада в сосняке сфагновом. С опадом древесных растений на поверхность почвы сосняка сфагнового поступает $100\text{--}138 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, с более высокими значениями в период сбора 2021/22 г. (рис. 3).

В среднем за 5 лет наблюдений нисходящий поток органического вещества из фитоценоза на лесную подстилку составил $109.6 \pm 5.8 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, большая часть которого (в среднем 72 %) приходится на «теплый» период. Следует отметить отсутствие достоверной межгодовой разницы в общей массе опада ($p_{kw} = 0.854$), что также подтверждается попарными сравнениями между периодами исследования ($p_t > 0.05$). Это свидетельствует об относительном гомеостазе сосняка сфагнового, который может нарушаться в отдельные годы.

Доминирующей фракцией древесного опада является хвоя сосны, вклад которой в среднем

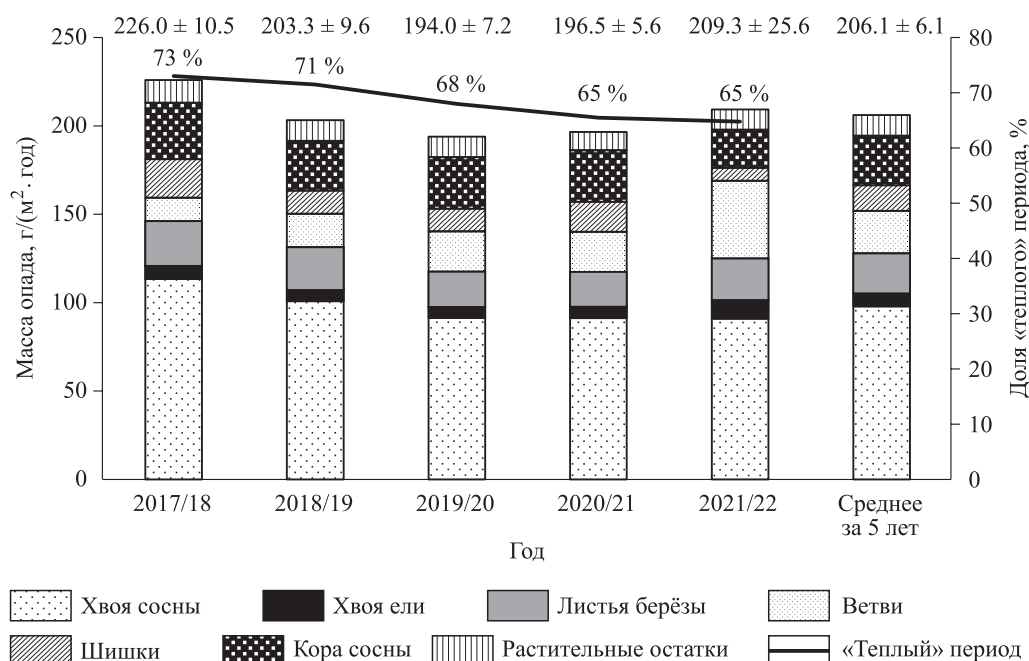


Рис. 2. Межгодовая динамика поступления древесного опада в сосняке черничном влажном. Цифры над диаграммой – масса, $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ и доля «теплого» периода в годовом потоке.

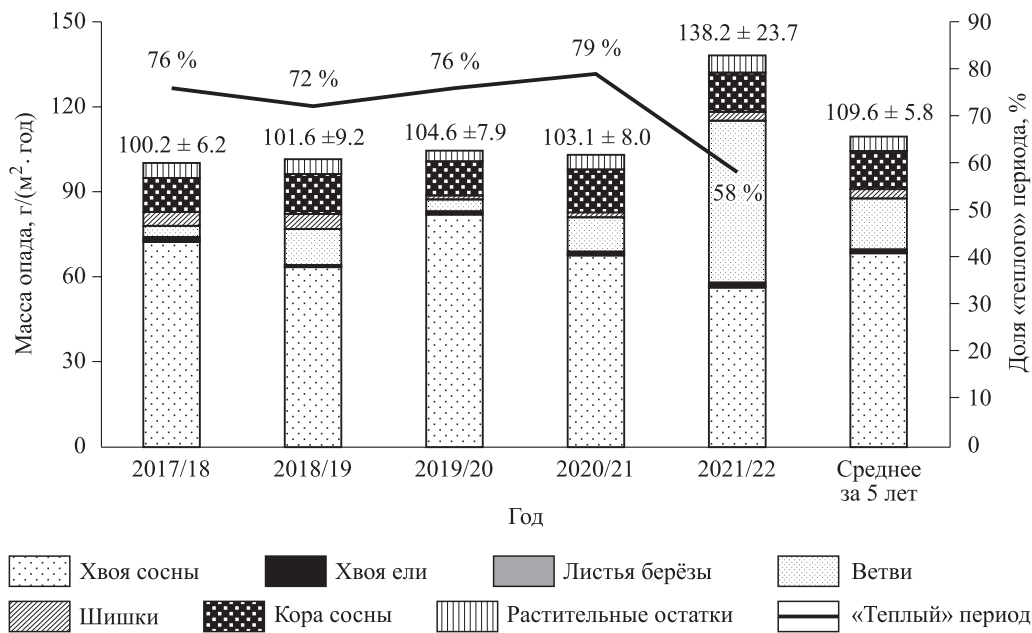


Рис. 3. Межгодовая динамика поступления древесного опада в сосняке сфагновом.

Цифры над диаграммой – масса, г/(м² · год) и доля «теплого» периода в годовом потоке.

составляет 62 % (41–78 % в годы исследований, $CV = 28$ %). Также существенно участие ветвей (в среднем 16 %), образующих 4–41 % ($CV = 231$ %), и коры сосны, на долю которой приходится 12 % (10–15 %, $CV = 35$ %). Растительные остатки формируют 5 % от общего опада, шишки сосны – 3 %, хвоя ели и листья березы – по 1 %. Анализ межгодовой вариации показал, что достоверные различия отмечаются в массе поступающей хвои сосны ($p_A = 0.002$), ветвей ($p_{kw} < 0.001$) и растительных остатков ($p_A = 0.032$) в периоды исследований, тогда как масса опада остальных фракций относительно стабильна в различные годы. Более интенсивный годовой опад хвои сосны (82.1 г/м^2) наблюдался в 2019/20 г., низкий – в 2021/22 г. тогда как в остальные этапы изучения значения этого показателя сопоставимо. Активное поступление ветвей ($57.1 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год}$) в зимний период 2021/22 г., превысившее в 4.5–14.6 раз ($p_i < 0.05$) данные по остальным годам исследований, послужило причиной возрастания общего потока опада в этот год и снижения доли «теплого» периода до 58 % от годового цикла.

Анализ поступления опада в годы исследований в среднетаежных сосняках показал относительную стабильность этого показателя, которая может нарушаться в отдельные годы. В нашем случае пик наблюдался в 2021/22 г. и был обусловлен интенсивным поступлением ветвей в зимний период во всех сообществах. Ранее (Portillo-Estrada et al., 2013; Bhatti, Jassal,

2014) было показано, что на опад ветвей положительное влияние оказывает снеговая нагрузка в сочетании с сильными ветрами. Однако в сосняке черничном в этот год масса поступающего опада была сопоставима с другими периодами исследования, несмотря на возрастание количества ветвей в его составе. Следует отметить, что более высокие средние значения массы ветвей в сосняке бруснично-лишайниковом могут быть связаны с большой плотностью древостоя, в результате чего при сильных ветрах кроны соседних деревьев контактируют друг с другом, что ведет к дополнительной ломке ветвей. Аналогичные результаты, показывающие относительно постоянное (в среднем $66.9 \pm 3.6 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год}$), без тенденции к росту или снижению, поступление опада с редкими пиками, выявлены в сосняке лишайниково-кустарничково-зеленомошном на Кольском полуострове по данным 20-летних исследований (Иванова, Лукина, 2017).

В сосняках Карелии годовичное поступление опада в сфагновом типе изменяется от 233 до 268 г/м², черничном – от 350 до 555, лишайниковом – 188 г/м² (Казимиров и др., 1977; Синькевич и др., 2009; Sin'kevich et al., 2009). Более высокие по сравнению с нашими данные, вероятно, обусловлены высоким классом бонитета в сосняках черничных этого региона. В зависимости от стадии развития насаждения в сосняках лишайниковых Красноярского края опадает 54–136 г/(м² · год) (Трефилова, Ведрова, 2018), зеленомошных – 139–157 г/(м² · год)

(Трефилова и др., 2011). Скорость поступления органического вещества из древесного яруса сосняков лишайниковых разного возраста на поверхность почвы в Финляндии варьирует в пределах 42–169 г/(м² · год), черничных – 93–490 г/(м² · год) (Starr et al., 2005; Ukonmaanaho et al., 2008; Portillo-Estrada et al., 2013; и др.), в сосняках лишайниковых и зеленомошных Канады – 80–130 г/(м² · год) (Bhatti, Jassal, 2014). В цитированных выше исследованиях показано, что хвоя сосны является доминирующей (41–92 %) фракцией с более высоким вкладом в молодняках (Uri et al., 2022). Это обусловлено ее небольшой продолжительностью жизни и необходимостью постоянного обновления данного компонента древостоя. Авторы также показывают преобладающую роль «теплого» периода в годовом распределении опада, что обусловлено активными ростовыми процессами в это время, а также отмиранием короткоживущих органов в осенние месяцы.

Влияние типа леса на массу и фракционный состав поступающего древесного опада. В связи с тем, что исследование проведено на одной территории в сходные сроки, было проанализировано влияние условий произрастания на массу и фракционный состав опада древесных растений. Количество поступающего опада в приспевающих и спелых среднетаежных сосняках на Чернамском стационаре зависит от типа леса (табл. 2).

Так, достоверно более высокие (в 1.2–2.2 раза) его темпы отмечены в загущенном сосняке бруснично-лишайниковом, отличающемся высокими запасами фитомассы (табл. 1). Промежуточное положение занимает спелый сосняк черничный, а наименее продуктивный сосняк сфагновый характеризуется низкой скоростью потока органического вещества из древесных растений на поверхность лесной подстилки.

В работе В. Berg и соавт. (1999) отмечено отсутствие достоверной корреляции между индексом N_{100} и опадом хвои сосны для сосняков Европы, тогда как она выявлена для сосняков Фенноскандии. В сосняках Финляндии на относительно плодородных почвах установлено более интенсивное поступление древесного опада и опада хвои, которое характеризовалось слабой (0.42 и 0.39 соответственно) корреляцией с типом леса (Starr et al., 2005). Авторы делают вывод, что использование типологии лесов при глобальных оценках поступления органического вещества из фитоценоза на поверхность почвы может быть ограничено отсутствием единого подхода к классификации лесных сообществ, применяемой в разных странах. Положительное, достоверное влияние индекса участка отмечено как для общего, так и опада хвои в сосняках Турции (Erkan et al., 2018).

Анализ влияния условий произрастания показал, что тип леса также достоверно влияет на участие хвои сосны, ее шишек и листьев бере-

Таблица 2. Оценка влияния типа леса на массу (в числителе) и долю фракции в общей массе (в знаменателе) поступающего древесного опада

Фракция	Влияние типа леса*	Парные сравнения**		
		Л–Ч	Л–С	Ч–С
Хвоя сосны	$F = 74.24; p < 0.001$ $F = 18.32; p = 0.002$	< 0.001 < 0.001	< 0.001 0.421	0.001 0.035
Листья березы	$\chi^2 = 12.50; p = 0.002$ $\chi^2 = 13.50; p = 0.001$	< 0.001 < 0.001	< 0.001 < 0.001	< 0.001 < 0.001
Ветви	$F = 1.41; p = 0.282$ $\chi^2 = 0.99; p = 0.606$	0.092 0.396	0.008 0.309	0.367 0.714
Кора сосны	$\chi^2 = 9.98; p = 0.007$ $\chi^2 = 2.84; p = 0.242$	0.289 0.053	< 0.001 0.922	< 0.001 0.077
Шишки сосны	$F = 10.43; p = 0.002$ $F = 4.99; p = 0.026$	0.160 0.030	< 0.001 0.057	< 0.001 < 0.001
Общая масса опада	$F = 59.65; p < 0.001$	0.001	< 0.001	< 0.001
Доля «теплого» периода	$F = 1.46; p = 0.270$	0.300	0.154	0.382

Примечание. Сосняки: Л – лишайниковый, С – сфагновый, Ч – черничный.

* Приведен результат факторного анализа ANOVA (F) или критерия Краскелла – Уоллиса (χ^2).

** Приведено значение *p*-value для парных сравнений с использованием *t*-критерия Стьюдента.

зы в общей массе. Установлена более высокая доля (59–62 %) хвои сосны в сосняках сфагновом и бруснично-лишайниковом, которая превышала в 1.2–1.3 раза аналогичный показатель в насаждении черничного типа. Существенное участие хвои сосны в сосняке сфагновом, вероятно, обусловлено меньшей продолжительностью ее жизни в условиях почвенного переувлажнения, тогда как в бруснично-лишайниковом сосняке на этот показатель влияет высокая загущенность древесного яруса, вследствие чего усиливается внутривидовая конкуренция и дифференциация деревьев по состоянию, ведущая к появлению в древостое усыхающих и ослабленных деревьев.

Доля шишек сосны в формировании массы опада достоверно выше насаждениях черничного и бруснично-лишайникового типов, тогда как вклад листьев березы убывает в ряду черничный → бруснично-лишайниковый → сфагновый. Участие листьев березы во многом обусловлено ее наличием в составе древостоя и подроста. Так, в процессе более чем 30-летних наблюдений за развитием древостоя сосняка сфагнового установлено выпадение березы из его состава (Осипов, Бобкова, 2016), которая в настоящее время в небольшом количестве (600 экз./га) присутствует в подросте. В черничном и бруснично-лишайниковом насаждениях береза входит в состав древесного яруса, кроме того, в количестве 1200 экз./га участвует в формировании подроста в сосняке черничном. Отсутствие различий во вкладе ветвей в общую массу опада в насаждениях разных типов во многом обусловлены большой вариацией этого показателя в течение периода наблюдений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В приспевающих и спелом среднетаежных сосняках разных типов по итогам пятилетних наблюдений отмечено относительно постоянное поступление опада древесных растений, которое может нарушаться в отдельные годы вследствие активного опада ветвей в зимний период. Хвоя сосны является доминирующей фракцией древесного опада, а ее доля участия возрастает в сосняке сфагновом на переувлажненной почве и снижается в сосняке черничном. Большая часть потока органического вещества из древесных растений на поверхность лесной подстилки формируется в течение «теплого» периода – с мая по октябрь. При анализе условий произрастания выявлено большая скорость по-

ступления опада в более продуктивных насаждениях сосняков. Кроме того, тип леса оказывает влияние на вклад листьев березы и шишек сосны. Полученные данные найдут применение при оценке круговорота веществ и углерода, в частности в сосняках на севере таежной зоны.

Автор выражает благодарность Кузнецову Михаилу Андреевичу за помощь, оказанную при сборе экспериментального материала. Работа выполнена в рамках темы НИР ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН «Зональные закономерности динамики структуры и продуктивности первичных и антропогенно измененных фитоценозов лесных и болотных экосистем Европейского Северо-Востока России», номер государственной регистрации 122040100031-8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Безкоровайная И. Н., Егунова М. Н., Таскаева А. А. Почвенные беспозвоночные и их трофическая активность в 40-летних лесных культурах // Сиб. экол. журн. 2017. № 5. С. 609–620.
- Бобкова К. С., Смоленцева Н. Л., Тужилкина В. В., Артемов В. А. Круговорот азота и зольных элементов в сосново-еловом насаждении средней тайги // Лесоведение. 1982. № 5. С. 3–11.
- Брянин С. В., Абрамова Е. Р. Опад фитомассы в постпирогенных лиственничниках Зейского заповедника (Верхнее Приамурье) // Сиб. лесн. журн. 2017. № 2. С. 93–101.
- Иванова Е. А., Лукина Н. В. Варьирование массы и фракционного состава древесного опада в сосняках кустарничково-лишайниковых при аэротехногенном загрязнении // Лесоведение. 2017. № 5. С. 47–58.
- Кузнецова А. И. Влияние растительности на запасы почвенного углерода в лесах (обзор) // Вопр. лесн. науки. 2021. Т. 4. № 4. Ст. № 95. 54 с.
- Никонов В. В. Почвообразование на северном пределе основных биогеоценозов. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1987. 142 с.
- Никонов В. В., Лукина Н. В. Биогеохимические функции лесов на северном пределе распространения. Апатиты: Изд-во Карел. НЦ РАН, 1994. 315 с.
- Обмен веществ и энергии в сосновых лесах Европейского Севера / Н. И. Казимиров, А. Д. Волков, С. С. Зябченко и др. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1977. 304 с.
- Осипов А. Ф. Запасы и потоки органического углерода в экосистеме спелого сосняка черничного средней тайги // Сиб. лесн. журн. 2017. № 2. С. 70–80.
- Осипов А. Ф., Бобкова К. С. Биологическая продуктивность и фиксация углерода среднетаежными сосняками при переходе из средневозрастных в спелые // Лесоведение. 2016. № 5. С. 346–354.
- Прокушкин С. Г., Петренко А. Е., Зырянова О. А., Прокушкин А. С. Запасы фитодетрита и его биогенных элементов в лиственничниках малого водосборного бассейна

- Центральной Эвенкии // Сиб. лесн. журн. 2022. № 6. С. 34–44.
- Синькевич С. М., Бахмет О. Н., Иванчиков А. А. Роль почв в региональном балансе углерода в сосновых лесах Карелии // Почвоведение. 2009. № 3. С. 290–300.
- Трефилова О. В., Ведрова Э. Ф., Кузьмичев В. В. Годичный цикл углерода в зеленомошных сосняках Енисейской равнины // Лесоведение. 2011. № 1. С. 3–12.
- Трефилова О. В., Ведрова Э. Ф. Минерализационный поток углерода в постпирогенных сосняках Среднего Енисея // Лесоведение. 2018. № 3. С. 210–224.
- Чертов О. Г., Грабарник П. Я., Шанин В. Н., Быховец С. С., Петропавловский Б. С., Припутина И. В., Фролов П. В., Зубкова Е. В. Динамические модели наземных экосистем для количественной оценки продуктивности растительности // Раст. рес. 2019. Т. 55. № 2. С. 151–169.
- Эколого-физиологические основы продуктивности сосновых лесов европейского Северо-Востока / К. С. Бобкова, В. В. Тужилкина, С. Н. Сенькина / Под ред. К. С. Бобковой. Сыктывкар, 1993. 176 с.
- Berg B., Albrektson A., Berg M. P., Cortina J., Johansson M.-B., Gallardo A., Madeira M., Pausas J., Kriatz W., Vallejo R., McClaugherty C. Amounts of litter fall in some pine forests in a European transect, in particular Scots pine // Ann. For. Sci. 1999. V. 56. N. 8. P. 625–639.
- Bezkorovaynaya I. N., Egunova M. N., Taskaeva A. A. Soil invertebrates and their trophic activity in 40-year-old forest stands // Contemp. Probl. Ecol. 2017. V. 10. N. 5. P. 524–533 (Original Rus. Text © I. N. Bezkorovaynaya, M. N. Egunova, A. A. Taskaeva, 2017, publ. in Sib. ekol. zhurn. 2017. N. 5. P. 609–620).
- Bhatti J. S., Jassal R. S. Long term aboveground litterfall production in boreal jack pine (*Pinus banksiana*) and black spruce (*Picea mariana*) stands along the Boreal Forest Transect Case Study in western central Canada // Eco-science. 2014. V. 21. Iss. 3–4. P. 301–314.
- Erkan N., Comez A., Aydin A. C., Denli O., Erkan S. Litterfall in relation to stand parameters and climatic factors in *Pinus brutia* forests in Turkey // Scand. J. For. Res. 2018. V. 33. Iss. 4. P. 338–346.
- Jevon F. V., Polussa A., Lang A. K., Munger J. W., Wood S. A., Wieder W. R., Bradford M. A. Patterns and controls of aboveground litter inputs to temperate forests // Biogeochemistry. 2022. V. 161. Iss. 3. P. 335–352.
- Komarov A. S., Shanin V. N. Comparative analysis of the influence of climate change and nitrogen deposition on carbon sequestration in forest ecosystems in European Russia: simulation modelling approach // Biogeosciences Discuss. 2012. V. 9. Iss. 6. P. 6829–6855.
- Krishna M. P., Mohan M. Litter decomposition in forest ecosystems: a review // Energy, Ecol. and Environ. 2017. V. 2. N. 3. P. 236–249.
- Kuz'yakov Y., Blagodatskaya E. Microbial hotspots and hot moments in soil: concept & review // Soil Biol. Biochem. 2015. V. 83. P. 184–199.
- Lehtonen A., Lindholm M., Hokkanen T., Salminen H., Jalkanen R. Testing dependence between growth and needle litterfall in Scots pine – a case study in northern Finland // Tree Physiol. 2008. V. 28. Iss. 11. P. 1741–1749.
- Portillo-Estrada M., Korhonen J. F. J., Pihlatie M., Puttonen J., Frumau A. K. F., Morillas L., Tosens T., Niinemets Ü. Inter- and intra-annual variations in canopy fine litterfall and carbon and nitrogen inputs to the forest floor in two European coniferous forests // Ann. For. Sci. 2013. V. 70. Iss. 4. P. 367–379.
- Shen G., Chen D., Wu Y., Liu L., Liu C. Spatial patterns and estimates of global forest litterfall // Ecosphere. 2019. V. 10. Iss. 2. Article e02587.
- Sin'kevich S. M., Bakhmet O. N., Ivanchikov A. A. The role of soils in the regional carbon budget of pine forests in Karelia // Euras. Soil Sci. 2009. V. 42. N. 3. P. 267–276 (Original Rus. Text © S. M. Sin'kevich, O. N. Bakhmet, A. A. Ivanchikov, 2009, publ. in Pochvovedenie. 2009. N. 3. P. 290–300).
- Starr M., Saarsalmi A., Hokkanen T., Merilä P., Helmi-saari H.-S. Models of litterfall production for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Finland using stand, site and climate factors // For. Ecol. Manag. 2005. V. 205. Iss. 1–3. P. 215–225.
- Ukonmaanaho L., Merilä P., Nöjd P., Nieminen T. M. Litterfall production and nutrient return to the forest floor in Scots pine and Norway spruce stands in Finland // Boreal Environ. Res. 2008. V. 13 (suppl. B). P. 67–91.
- Uri V., Kukumägi M., Aosaar J., Varik M., Becker H., Aun K., Nikopensius M., Uri M., Buht M., Sepaste A., Padari A., Asi E., Sims A., Karoles K. Litterfall dynamics in Scots pine (*Pinus sylvestris*), Norway spruce (*Picea abies*) and birch (*Betula*) stands in Estonia // For. Ecol. Manag. 2022. V. 520. Article 120417.

WOOD LITTER INPUT TO THE SOIL SURFACE OF MIDDLE TAIGA PINE FORESTS IN THE EUROPEAN NORTH-EAST OF RUSSIA

A. F. Osipov

*Institute of Biology Komi Science Centre, Russian Academy of Sciences, Ural Branch
Kommunisticheskaya str., 28, Syktyvkar, Komi Republic, 167982 Russian Federation*

E-mail: osipov@ib.komisc.ru

Plant litter is a connecting flux between plants and soil, and the rate of soil organic matter accumulation depends on its decomposition. Despite the abundance of data on the mass of litterfall in Russian pine forests, generalized assessments of the influence of growing conditions on this process are rare. Approximately constant rate of organic matter flux from tree plants on forest floor surface was detected base on 5 years of observation (during 2017–2022) that can rarely be disturbed due to significant litterfall of branches during winter. The tree litterfall influx in pine forest of *Lichen* type was 233.4 g/m² per year, in bilberry type pine forest – 206.1, and in *Sphagnosa* type pine forest – 109.6 g/m² per year much of that (66–72 %) formed from May to October. In relatively clear on composition pine forests pine needle produce 48–62 % from total litterfall. Branches (predominantly pine) and pine bark has a significant input that reach to 12–16 % and 12–14 % from tree litterfall, respectively. Growing conditions influence the share of birch (*Betula* L.) eaves, pine needle and cones in total mass of litterfall. Obtained data can be used to assess the cycle of matter and carbon in the pine forests of the northern taiga zone.

Keywords: *pine forests, litter fall, forest type, middle taiga.*

How to cite: *Osipov A. F. Wood litter input to the soil surface of middle taiga pine forests in the European North-East of Russia // Sibirskij Lesnoj Zurnal (Sib. J. For. Sci.). 2024. N. 5. P. 103–111 (in Russian with English abstract and references).*