

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 2 (97) С. 80–89.  
Forests of Russia and economy in them. 2026. № 2 (97) P. 80–89.

Научная статья

УДК 630.8

DOI: 10.51318/FRET.2026.97.2.007

## СОСТАВ И ДИНАМИКА ОПАДА В ЕЛЬНИКЕ

И. А. Кази<sup>1</sup>, М. И. Мунтяну<sup>2</sup>, А. В. Грязькин<sup>3</sup>, Л. К. Волдаев<sup>4</sup>,  
Д. Комауэ<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup> Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Ирина Александровна Кази,  
irenakazi@mail.ru

**Аннотация.** Представлены данные по динамике поступления опада под полог ельника смешанного состава. Объект исследования – высокопродуктивный разновозрастный ельник кисличного типа леса. Для учета опада использовали квадратные опадоуловители размером 1 × 1 м в количестве 10 шт. Массу опада определяли один раз в месяц, исключая зимние месяцы. После сушки и взвешивания общая масса опада из каждого опадоуловителя разделялась на отдельные фракции, которые также взвешивались. Показано, что состав фракций опада изменяется по сезонам года существенным образом. Количество опада зависит от парцеллы – состава и структуры древесного яруса и других компонентов фитоценоза. Максимальное количество опада приходится на елово-кисличную и мертвопокровные парцеллы – около 54 % всего органического вещества. В опаде любого сезона преобладает хвоя ели, доля которой составляет более 77 % от общего объема. Размах варьирования доли хвои в составе опада небольшой – от 53 до 84 % в зависимости от сезона года. Мелкие сухие ветки приносят в годовой опад около 9 % с размахом варьирования по месяцам от 4 до 15 %. Выявлено два пика в сезонной динамике опада в данном ельнике – май и сентябрь-октябрь. Установлено, что более 65 % годовой массы опада приходится именно на эти три месяца. Полученные данные можно использовать для составления баланса органической массы и оценки запасов углерода любой лесной экосистемы с аналогичными характеристиками.

**Ключевые слова:** ельник кисличный, опад, сезонная динамика, фракционный состав

**Для цитирования:** Состав и динамика опада в ельнике / И. А. Кази, М. И. Мунтяну, А. В. Грязькин [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 2 (97). С. 80–89.

Original article

## COMPOSITION AND DYNAMICS OF LITTER FALL IN THE SPRUCE FOREST

Irina A. Kazi<sup>1</sup>, Marina I. Munteanu<sup>2</sup>, Anatoliy V. Gryazkin<sup>3</sup>, Leonid K. Voldaev<sup>4</sup>, Jonas Comaue<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup> St. Petersburg State Forest Technical University named after S. M. Kirov, St. Petersburg, Russia

Corresponding author: Irina A. Kazi, irenakazi@mail.ru

**Abstract.** The data on the dynamics of litter fall accumulation under the canopy of a mixed spruce forest are presented. The research object is a high-productivity, multi-aged spruce forest of the oxalis forest type. To account for the litter fall, 10 square litter fall catchers measuring 1 × 1 m were used. The mass of litter fall was determined once a month, excluding the winter months. After drying and weighing, the total mass of litter fall from each litter fall catcher was divided into separate fractions, which were also weighed. It has been shown that the composition of the litter fall fractions changes significantly throughout the year. The amount of litter fall depends on the parcel, which is determined by the composition and structure of the tree layer and other components of the phytocenosis. The maximum amount of litter fall is found in the spruce-oxalis and dead-cover parcels, accounting for approximately 54 % of the total organic matter. In the litter fall of any season, spruce needles predominate, accounting for more than 77 % of the total volume. The variation in the proportion of needles in the litter fall is relatively small, ranging from 53 % to 84 %, depending on the season. Small dry branches contribute approximately 9 % to the annual litter fall, with a variation of 4 to 15 % across different months. There are two peaks in the seasonal dynamics of litter fall in this spruce forest: in May and September-October. It has been established that more than 65 % of the annual litter fall mass falls on these three months. The data obtained can be used to calculate the organic mass balance and estimate the carbon reserves of any forest ecosystem with similar characteristics.

**Keywords:** oxalis spruce forest, litter fall, seasonal dynamics, fractional composition

**For citation:** Composition and dynamics of litter fall in the spruce forest / I. A. Kazi, M. I. Munteanu, A. V. Gryazkin [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 2 (97). P. 80–89.

### Введение

Ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) Н. Karst.) – одна из основных лесообразующих пород в лесном фонде России и других стран северного полушария (Ищук, Беляева, 2023; Tjoelker et al., 2007; Krishna, 2017). Ель формирует густую крону. В кроне ели наблюдается полное охвоение ветвей от 2–3 до 11 порядка, т. е. возраст хвои достигает 7–9 лет. Обычно в верхней части кроны возраст хвои больше, чем в нижней части кроны (Грязькин, 1999; Смирнов, Грязькин, 2000). В наиболее благоприятных условиях хвоя ели сохраняется на ветвях до 12–14 лет.

Продолжительность жизни ели более 200 лет. На этом протяжении в еловых экосистемах происходят два противоположно направленных процесса. Первый и главный из них – продукционный процесс, создание фитомассы и генеративных органов. Второй – опад и отпад. В климаксовых ельниках эти процессы протекают неопределенно долго. Пожары, длительное затопление, интенсивный ветровал, массовое распространение вредителей и болезней прерывают накопление органического вещества на определенный период времени (Кузнецов, 2010; Лиханова, 2014).

В ельниках высокой продуктивности накапливаются значительные объемы фитомассы и углерода (Грязькин, 2003; Запасы углерода..., 2021). Направление исследований, связанных с оценкой углеродных пулов остается востребованным уже несколько десятилетий. Запасы углерода оцениваются в самых разных экосистемах, в самых разных географических условиях (Бобкова, Тужилкина, 2001; Честных и др., 2020; Černý, 1990; Palumets, 1991; Krankina et al., 1999). Исследователями предпринимались неоднократные попытки составления баланса углерода для лесных экосистем, в частности для таежных формаций (Смирнов, Грязькин, 2000; Krankina et al., 1999).

По фитомассе еловых лесов имеется большое количество публикаций. Преобладают работы по оценке запасов лесной подстилки (Растительный опад..., 2012; Волков, 2015; Кази и др., 2024; Berg, McClaugherty, 2020).

Имеются публикации и с данными по интенсивности разложения органического вещества в лесных экосистемах (Ведрова, 1997; Германова, 2000; Кузнецов, 2010; Krankina et al., 1999; Integrating plant..., 2015). Если отдельно рассматривать публикации по опад, то количество работ по этому направлению исследований ежегодно увеличивается (Рыжова и др., 2020; Честных и др., 2020; Запасы углерода..., 2021; Кузнецова, 2022; Krishna, 2017; Berg, McClaugherty, 2020).

Из обзора публикаций следует, что по динамике опада и фракционному составу этого компонента лесной экосистемы публикаций немного. Это связано с трудоемкостью полевых исследований. Для выполнения всего комплекса полевых и камеральных работ необходимо формирование большого творческого коллектива, так как требуется своевременное и точное выполнение множества видов разноплановых работ. Дополнительные трудности создаются при организации подобных исследований. Довольно часто грибники, сборщики ягод и лекарственных растений вмешиваются в ход исследований, прерывая организованные наблюдения и выводя из строя научное оборудование.

### **Цель, объект и методика исследований**

Цель исследований – установление фракционного состава и сезонной динамики опада в ельнике с учетом парцеллярной структуры.

Оценка объемов и фракционного состава опада необходима при определении составляющих углеродного баланса для лесных экосистем. На примере разновозрастного ельника кисличного (Ленинградская область) исследованы фракционный состав и динамика поступления опада по сезонам года (Грязькин, 1999; Смирнов, Грязькин, 2000). Сезонная динамика опада фиксировалась по выделенным парцеллам.

Сбор опада осуществлялся 10 опадоуловителями (опадомерами) размером 1 × 1 м. Опадомеры были расставлены под пологом древостоя через каждые 10 м. Опадомеры изготовлены из досок, дно сетчатое. В местах размещения опадоуловителей были установлены основные характеристики фитоценозов и названия парцелл. Бинарные названия парцелл определялись исходя из наличия представителей древостоя, подлеска и живого напочвенного покрова в непосредственной близости от опадоуловителя. Опад снимали один раз в месяц, исключая период с постоянным снежным покровом (декабрь – апрель). Взвешивание общей массы и отдельных фракций опада проводили после сушки.

### **Результаты и их обсуждение**

Исследования были организованы в разновозрастном ельнике кисличного типа леса. Основные таксационные характеристики ельника на опытном участке представлены в табл. 1.

Под пологом ельника произрастает подрост из ели обыкновенной, березы повислой, осины и ольхи серой. Общая численность подроста – 1922 экз./га. Средняя высота подроста – 1,2 м.

Подлесок под пологом ельника представлен волчегодником обыкновенным, жимолостью обыкновенной, ивой козьей, крушиной ломкой, рябиной обыкновенной и шиповником иглистым. Густота подлеска – 1278 экз./га.

Таблица 1  
Table 1Таксационная характеристика ельника на опытном участке  
Taxation characteristics of the spruce forest on the experimental site

Характеристики древостоя Characteristics of the forest stand	Единицы измерения Units of measurement	Значения характеристик Values of the characteristics
Состав древостоя Composition of the forest stand	% по запасу on stock	78E16B5Oлс1C 78Pic16B5A1P*
Тип леса Type of forest	–	Ельник кисличный Oxalis spruce forest
Запас стволовой древесины Stock of stem wood	м <sup>3</sup> /га m <sup>3</sup> /ha	302
Класс бонитета Class of bonitet	ед. unit	II
Относительная полнота Relative completeness	доли ед. share unit	0,8
Сомкнутость крон древостоя Crown density of the forest stand	%	88
Средняя высота древостоя Average height of the forest stand	м m	19,3
Средний диаметр стволов Average trunk diameter	см cm	21,7
Густота древостоя Density of the forest stand	экз./га ex./ha	989

\* Pic – spruce, B – birch, A – alder, P – pine.

В составе живого напочвенного покрова преобладает таежное мелкотравье. Всего идентифицировано 32 вида сосудистых растений. Мохово-лишайниковый ярус включает более восьми видов мхов и лишайников. Общее проективное покрытие живого напочвенного покрова – более 92 %.

В ходе полевых исследований установлено, что в виде различных фракций опад поступает на поверхность почвы в течение всего календарного года. Масса опада варьирует в зависимости от сезона года в широких пределах. Различия по составу и массе опада связаны также и с парцеллярной структурой фитоценоза. В опадомеры, расположенные в «окнах», т. е. в межкрупных просветах, попадает минимальное количество опада. В опадомерах под кронами крупных деревьев ели (мертвопокровные парцеллы) накапливается максимальное количество опада (табл. 2).

Как видно из данных в табл. 2, около 54 % всего органического вещества в ельнике приходится на две парцеллы – елово-кисличную и елово-мертвопокровную.

В годичной динамике поступления органического вещества в виде опада ежегодно регистрируется два пика. Первый пик приходится на май – начало вегетации. Второй пик в динамике опада наблюдается в сентябре-октябре после завершения вегетационного периода. Доля лиственных пород в составе ельника – 21 %, поэтому масса листьев значительна. Суммарно на долю листьев в годовом объеме опада приходится более 76 кг/га сухой массы, или 2,3 % от общей массы опада.

Установлено, что за май, сентябрь и октябрь на поверхность почвы опадает более 65 % годового объема органического вещества. Основные фракции опада весной – хвоя и мелкие ветки. В осеннем опаде преобладают листья. Разброс значений по фитомассе опада в опадодуловителях велик. Максимальный объем фиксируется в опадодуловителях, расположенных под кронами деревьев ели. Минимальное количество опада попадает в ловители, установленные в окнах. Часть опадодуловителей оказалась под кронами деревьев, а часть – в «окнах», что и предопределило большой разброс

данных по величине опада. При наличии снежного покрова опад не снимали, так как вместе с опадом в опадомерах накапливается большое количество снега (рисунок).

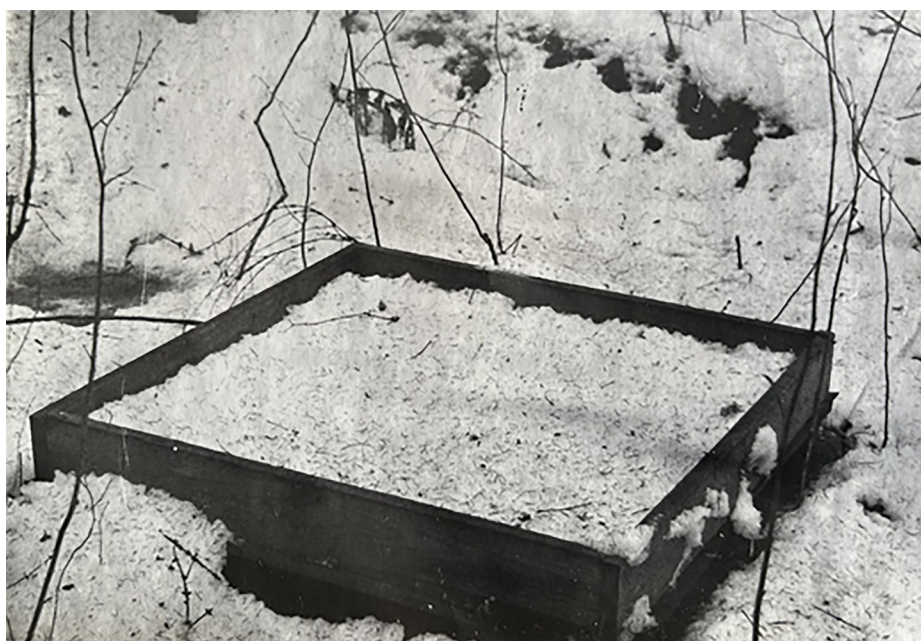
В табл. 3 представлены данные по фракционному составу опада в ельнике. Все фракции опада распределены по выделенным парцеллам.

В ходе исследований было установлено, что динамика поступления органического вещества на поверхность почвы в виде опада по сезонам (месяцам) весьма выражена. При этом по каждой парцелле наблюдаются сезонные изменения не только количества опада, но и его структуры.

Таблица 2  
Table 2

Масса опада в ельнике по парцеллам  
Mass of litter fall in spruce forests by parcels

Номер Number	Название парцеллы Name parcel	Количество опадометров Number of opadometers	Масса опада на один опадоуловитель, кг/га Mass of litter per opadometer, kg/ha
1	Березово-разнотравная Birch-varietals	1	58,7
2	Елово-кисличная Spruce-oxalis	2	72,0
3	Елово-мертвопокровная Spruce-dead-cover	3	102,9
4	Елово-щитовниковая Spruce- shield fern	1	33,9
5	Окно между кронами Window between the crowns	2	12,5
6	Ольхово-рябиновая Alder-rowan	1	44,2
Итого Total		10	324,2



Опадомер, заполненный снегом (март)  
Measuring device four litter filed with snow (march)

Таблица 3  
Table 3Фракционный состав опада в ельнике по парцеллам, %  
Fractional composition of spruce litter fall by parcels, %

Фракция опада Fraction of litter fall	Номер парцеллы Parcel number						Доля фракции Fraction share
	1	2	3	4	5	6	
Хвоя ели Spruce needles	7,9	19,2	24,6	17,1	4,6	3,8	77,2
Сухие ветки ели Dry spruce branches	0,3	2,5	3,6	2,0	0,2	0,1	8,7
Измельченные остатки, семена Crushed residues, seeds	0,3	1,2	1,2	0,7	0,1	0,2	3,7
Шишки ели Spruce cones	0,1	1,1	1,3	0,7	–	–	3,2
Листья Leaves	1,8	–	–	–	0,1	0,4	2,3
Охвоенные побеги ели Spruces hoots	–	0,7	0,8	0,4	–	–	1,9
Сухие ветки лиственных пород Dry branches	0,4	–	0,1	0,1	–	0,2	0,8
Почечные чешуйки ели Spruce bud scales	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	–	0,8
Кора Bark	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6
Лишайники Lichens	–	0,1	0,2	0,1	0,1	–	0,5
Хвоя сосны Pine needles	–	–	0,1	0,1	0,1	–	0,3
Почечные чешуйки лиственных пород Bud scales of deciduous trees	0,2	–	–	–	–	0,1	0,3

Как отмечают некоторые авторы, поступление органического вещества на поверхность почвы в лесных экосистемах – процесс непрерывный и динамичный (Растительный опад..., 2012; Krishna, 2017; Berg, McClaugherty, 2020). Для лесных экосистем характерны большие объемы опада и отпада (Бобкова и др., 2015). Динамика поступления опада зависит главным образом от сезона года и состава верхнего яруса фитоценоза (Грязькин, 1999; Лиханова, 2014; Боев В. А., Боев В. В., 2017).

Опадение хвои, коры, шишек прошлых лет, побегов текущего года и других фракций усиливается во время сильных ветров и ливневых осадков. В зимний период сбор опада затруднен, т. к. в опадоуловителях вместе с опадом накапливается снег, что и представлено на рисунке.

В ходе длительных наблюдений за динамикой опада в Ленинградской области (ельник кислично-шишечниковый) были получены значения от 3839 до 4763 кг/га в год (Смирнов, Грязькин, 2000). Наши данные несколько меньше – 3242 кг/га в год, что связано с увеличившейся долей лиственных пород в составе древостоя – около 21 %. Известно, что суммарный опад в лиственном лесу несколько меньше, чем в ельнике (Растительный опад..., 2012; Carbon and nitrogen..., 2002; Krishna, 2017).

### Выводы

1. Установлено, что в сезонной динамике опада в ельнике кисличного типа леса наблюдается два пиковых значения. Первый максимум отмечается в мае, в период формирования ассимиляционного аппарата новой генерации. Второй пик

в динамике опада приходится на сентябрь-октябрь, в период листопада.

2. Количество опадающего на поверхность почвы органического вещества зависит и от парцеллярной структуры фитоценоза. Максимальный объем опада зафиксирован в опадомерах, расположенных в мертвопокровных парцеллах. Минимальное количество опада поступает в опадомеры, расположенные в просветах крон деревьев.

3. В составе опада выделено более 10 разных фракций: хвоя, листья, мелкие сухие ветки хвойных и лиственных пород, шишки прошлых лет, кора, почечные чешуйки, семена и т. д. Основной объем опада – хвоя ели, доля которой в общей массе превышает 77 %.

### Список источников

- Бобкова К. С., Кузнецов М. А., Осипов А. Ф.* Запасы крупных древесных остатков в ельниках средней тайги европейского северо-востока // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2015. № 2. С. 42–49.
- Бобкова К. С., Тужилкина В. В.* Содержание углерода и калорийность органического вещества в лесных экосистемах Севера // Экология. 2001. № 1. С. 69–71.
- Боев В. А., Боев В. В.* Соотношение хвойной и листовой составляющих и величина листового опада смешанных хвойно-лиственных лесов подзоны подтайги // Вестник Омского ГАУ. 2017. № 1 (25). С. 43–48.
- Ведрова Э. Ф.* Разложение органического вещества лесных подстилок // Почвоведение. 1997. № 2. С. 216–223.
- Волков А. Г.* Лесная подстилка в парцеллах ельников северной подзоны тайги // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2015. № 2. С. 72–78.
- Германова Н. И.* Разложение опада как показатель интенсивности круговорота элементов в лесных насаждениях Южной Карелии // Лесоведение. 2000. № 3. С. 30–35.
- Грязькин А. В.* Потенциальные запасы фитомассы в лесах Ленинградской области // Динамика запасов углерода в лесах Северо-Запада: экология, экономика и политика. СПб. : СПбГЛТА, 2003. С. 39–42.
- Грязькин А. В.* Структурная организация фитоценозов южной тайги (на примере ельников зеленомошной группы типов леса). СПб. : СПбГЛТА, 1999. 136 с.
- Запасы углерода в сосняках и ельниках Ленинградской области / *А. В. Грязькин, Н. В. Беляева, И. А. Казы* [и др.] // The Scientific Heritage. 2021. № 64-2. С. 3–6. DOI: 10.24412/9215-0365-2021-64-2-3-6
- Иицук Т. А., Беляева Н. В.* Особенности формирования высокопродуктивных ельников из смешанных березово-еловых древостоев рубками ухода за лесом. СПб. : Галаника, 2023. 246 с.
- Казы И. А., Волдаев Л. К., Мунтяну М. И.* Запасы лесной подстилки в высокопродуктивных ельниках // Сборник научных трудов совета молодых ученых СПбГЛТУ. СПб., 2024. Вып. 4. С. 23–27.
- 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.
- Кузнецова А. И.* Влияние растительности на запасы углерода в почвах доминирующих хвойно-широколиственных лесов европейской части России : дис. ... канд. биол. наук : 06.03.02 / *Кузнецова Анастасия Игоревна*. М. : Ин-т лесоведения РАН, 2022. 130 с.
- Лиханова Н. В.* Роль растительного опада в формировании лесной подстилки на вырубках ельников средней тайги // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2014. № 3. С. 44–51.
- Растительный опад в коренном ельнике и лиственно-хвойных насаждениях / *А. А. Дымов, К. С. Бобкова, В. В. Тужилкина, Д. А. Ракина* // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2012. № 3 (327). С. 7–18.

- Рыжова И. М., Телеснина В. М., Ситникова А. А.* Динамика свойств почв и структуры запасов углерода в постагрогенных экосистемах в процессе естественного лесовосстановления // Почвоведение. 2020. № 2. С. 230–243.
- Смирнов А. П., Грязькин А. В.* Баланс органического вещества и режим CO<sub>2</sub> в таежных экосистемах. СПб. : СПбГЛТА, 2000. 200 с.
- Честных О. В., Грабовский В. И., Замолодчиков Д. Г.* Углерод почв лесных районов Европейско-Уральской части России // Вопросы лесной науки. 2020. Т. 3, № 2. С. 1–15.
- Berg B., McLaugherty C.* Plant Litter. 4th ed. Switzerland, Cham : Springer, 2020. 332 p.
- Carbon and nitrogen pools in old-growth, Norway spruce mixed forest in eastern Finland and changes associated with clear-cutting / *L. Finer, H. Mannerkoski, S. Piirainen, M. Starr* // Forest Ecology and Management. 2002. № 5880. P. 1–14.
- Černý M.* Biomass of *Picea abies* (L.) Karst. in Midwestern Bohemia // Scand. J. For. Res. 1990. Vol. 5. P. 83–95.
- Integrating plant litter quality, soil organic matter stabilization, and the carbon saturation concept / *M. J. Castellano, K. E. Mueller, D. C. Oik* [et al.] // Global Change Biology. 2015. Vol. 21, № 9. P. 3200–3209.
- Krankina O. N., Harmon M. E., Griazkin A. V.* Nutrient stores and dynamics of woody detritus in a boreal forest: modeling potential implications at the stand level // Canadian Journal of Forest Research. 1999. Vol. 29, № 1. P. 20–32. DOI: 10.1139/x98-162
- Krishna M. P.* Litter decomposition in forest ecosystems: a review // Energy, Ecology and Environment. 2017. Vol. 2, № 4. P. 236–249.
- Palumets J. K.* Analysis of phytomass partitioning in Norway spruce // Botanica. Tatu : Univ. Press, 1991. 95 p.
- Tjoelker M. G., Boratynski A., Wladyslaw B.*, eds. Biology and Ecology of Norway Spruce. Netherlands : Springer Netherlands, 2007. Vol. 78. 474 p.

### References

- Berg B., McLaugherty C.* Plant Litter. 4th ed. Switzerland, Cham : Springer, 2020. 332 p.
- Bobkova K. S., Kuznetsov M. A., Osipov A. F.* Stocks of Large Woody Remains in Spruce Forests of the Middle Taiga of the European Northeast // Forest journal. 2015. № 2. P. 42–49. (In Russ.)
- Bobkova K. S., Tuzhilina V. V.* Carbon content and calorific value of organic matter in the forest ecosystems of the North // Ecology. 2001. № 1. P. 69–71. (In Russ.)
- Boev V. A., Boev V. V.* The ratio of coniferous and leaf components and the amount of leaf litter fall in mixed coniferous-deciduous forests of the subtaiga zone // Bulletin of the Omsk State Agrarian University. 2017. № 1 (25). P. 43–48. (In Russ.)
- Carbon and nitrogen pools in old-growth, Norway spruce mixed forest in eastern Finland and changes associated with clear-cutting / *L. Finer, H. Mannerkoski, S. Piirainen, M. Starr* // Forest Ecology and Management. 2002. № 5880. P. 1–14.
- Carbon Reserves in Pine and Spruce Forests of the Leningrad Region / *A. V. Gryazkin, N. V. Belyaeva, I. A. Kazi* [et al.] // The Scientific Heritage. 2021. № 64-2. P. 3–6. DOI: 10.24412/9215-0365-2021-64-2-3-6 (In Russ.)
- Černý M.* Biomass of *Picea abies* (L.) Karst. in Midwestern Bohemia // Scand. J. For. Res. 1990. Vol. 5. P. 83–95. (In Czech.)
- Chestnykh O. V., Grabovsky V. I., Zamolodchikov D. G.* Carbon of soils in forest areas of the European-Ural part of Russia // Forest science issues. 2020. Vol. 3, № 2. P. 1–15. (In Russ.)
- Germanova N. I.* Decomposition of litter fall as an indicator of the intensity of the elements cycle in the forest plantations of Southern Karelia // Forest science 2000. № 3. P. 30–35. (In Russ.)

- Gryazkin A. V. Potential reserves of phytomass in the forests of the Leningrad Region // Dynamics of carbon reserves in the forests of the North-West: ecology, economy and policy. St. Petersburg, 2003. P. 39–42. (In Russ.)
- Gryazkin A. V. Structural organization of phytocenoses of the southern taiga. St. Petersburg, 1999. 136 p.
- Integrating plant litter quality, soil organic matter stabilization, and the carbon saturation concept / M. J. Castellano, K. E. Mueller, D. C. Oik [et al.] // Global Change Biology. 2015. Vol. 21, № 9. P. 3200–3209.
- Ishchuk T. A., Belyaeva N. V. Features of the formation of high-yielding spruce forests from mixed birch-spruce stands by forest care. St. Petersburg : Galanika, 2023. 246 p.
- Kazi I. A., Voldaev L. K., Muntianu M. I. Forest Floor Reserves in High-Productive Spruce Forests // Collection of Scientific Papers of the Council of Young Scientists of St. Petersburg State Forestry University. St. Peterburg, 2024. Issue 4. P. 23–27. (In Russ.)
- Krankina O. N., Harmon M. E., Griazkin A. V. Nutrient stores and dynamics of woody detritus in a boreal forest: modeling potential implications at the stand level // Canadian Journal of Forest Research. 1999. Vol. 29, № 1. P. 20–32. DOI: 10.1139/x98-162
- Krishna M. P. Litter decomposition in forest ecosystems: a review // Energy, Ecology and Environment. 2017. Vol. 2, № 4. P. 236–249.
- Kuznetsov M. A. Influence of decomposition conditions and litter fall composition on the characteristics and reserve of the litter fall in the middle taiga blueberry-sphagnum spruce forest // Forest science. 2010. № 6. P. 54–60. (In Russ.)
- Likhanova N. V. The role of plant litter fall in the formation of forest litter fall in the clearings of spruce forests in the middle taiga // Forest journal. 2014. № 3. P. 44–51. (In Russ.)
- Palumcts J. K. Analysis of phytomass partitioning in Norway spruce // Botanica. Tatra : Univ. Press, 1991. 95 p.
- Plant litter in native spruce forests and deciduous-coniferous plantations / A. A. Dymov, K. S. Bobkova, V. V. Tuzhilkina, D. A. Rakina // Forest journal. 2012. № 3 (327). P. 7–18. (In Russ.)
- Ryzhova I. M., Telesnina V. M., Sitnikova A. A. Dynamics of soil properties and carbon stock structure in post-agrogenic ecosystems during natural reforestation // Soil Science. 2020. № 2. P. 230–243. (In Russ.)
- Smirnov A. P., Gryazkin A. V. Balance of organic matter and CO<sub>2</sub> regime in taiga ecosystems. St. Petersburg, 2000. 200 p.
- Tjoelker M. G., Boratynski A., Wladyslaw B., eds. Biology and Ecology of Norway Spruce. Netherlands : Springer Netherlands, 2007. Vol. 78. 474 p.
- Vedrova E. F. Decomposition of the Organic Matter of Forest Decay // Soil Science. 1997. № 2. P. 216–223. (In Russ.)
- Volkov A. G. Forest litter fall in the parcels of spruce forests in the northern taiga subzone // Forest journal. 2015. № 2. P. 72–78. (In Russ.)

#### Информация об авторах

Ирина Александровна Казы – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,

irenakazi@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-8509-8962>

Анатолий Васильевич Грязькин – доктор биологических наук, профессор,

lesovod@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7901-2180>

Марина Ивановна Мунтяну – аспирант,

muntianu.marianna@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-1538-4780>

Леонид Константинович Волдаев – аспирант,

voldaev01@list.ru, <https://orcid.org/0009-0005-9196-4191>

Джонас Комауэ – аспирант,

jkomahoue@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3047-4250>

***Information about the authors***

*Irina A. Kazi – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
irenakazi@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-8509-8962>*

*Anatoliy V. Gryazkin – Doctor of Biological Sciences, Professor.  
muntianu.marianna@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-1538-4780>*

*Marina I. Munteanu – graduate student,  
lesovod@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7901-2180>*

*Leonid K. Voldaev – graduate student,  
voldaev01@list.ru, <https://orcid.org/0009-0005-9196-4191>*

*Jonas Comaue – graduate student.  
jkomahoue@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3047-4250>*

*Статья поступила в редакцию 12.01.2026; принята к публикации 28.02.2026.*

*The article was submitted 12.01.2026; accepted for publication 28.02.2026.*

---

---