

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛИСТЬЕВ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ В МЕСТООБИТАНИЯХ ЛИШАЙНИКОВ СЕВЕРНОЙ КАРЕЛИИ

Катаева М. Н. ORCID ID 0000-0002-7355-4026,

Беляева А. И. ORCID ID 0000-0002-8066-1938

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Ботанический институт им. В. Л. Комарова Российской академии наук,
Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: mkmarikat@gmail.com*

Цель исследования – определить параметры листьев березы повислой в сосняке бруснично-зеленомошном северной Карелии в местообитаниях лишайников, выявить особенности по сравнению с условиями среднетаежного сосняка кустарничково-зеленомошного. Материалы работы получены в сосняках зеленомошной группы на двух пробных площадях. В каждом сосняке с одного модельного дерева березы повислой были собраны листья березы. В этих сосняках собраны образцы эпифитных лишайников на стволах березы. Характеристики листьев березы получены при размере выборок листьев 31 и 60, для сосняков северной и среднетаежной подзон, соответственно. Определены длина, ширина и масса, площади поверхности листьев. В результате работы предложены уравнения регрессии для оценки площади листа березы с использованием произведения его длины и ширины, также массы листа. В этих сосняках получены данные об удельной листовой поверхности листьев березы повислой, 154,2 и 140,5 см²/г, удельной поверхностной плотности листьев березы, 64,8 и 71,2 г/м², соответственно. Результаты исследования можно использовать при конверсии массы листьев березы повислой в площадь листьев. Применение уравнений регрессии справедливо в диапазоне размеров листьев. Биоиндикационная оценка сообществ с использованием лишайников не выявила загрязнения. В лишайнике Карелии на стволе березы Ni и Cu выше, чем в лишайниках, приуроченных к березе в среднетаежной подзоне.

Ключевые слова: Карелия, береза повислая, площадь листьев, тяжелые металлы, *Hypogymnia physodes*

DETERMINATION OF LEAF PARAMETERS OF SILVER BIRCH IN LICHEN HABITATS OF NORTH KARELIA

Kataeva M. N. ORCID ID 0000-0002-7355-4026,

Belyaeva A. I. ORCID ID 0000-0002-8066-1938

*Federal State Budgetary Institution of Science V. L. Komarov Botanical Institute
of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russian Federation,
e-mail: mkmarikat@gmail.com*

The aim of the study is to determine the parameters of the leaves of the silver birch in a bilberry-green moss pine forest in northern Karelia, in lichen habitats, and to identify the differences compared to the conditions of a mid-taiga shrub-green moss pine forest. The materials for the study were obtained in green-moss pine forests at two sample plots. In each pine forest, birch leaves were collected from one model silver birch tree. Samples of epiphytic lichens on the trunks of birch trees were also collected in these pine forests. The characteristics of birch leaves were obtained from leaf sample sizes of 31 and 60, for pine forests in the northern and mid-taiga subzones, respectively. The length, width, and mass, as well as the surface area of the leaves, were determined. As a result of the study, regression equations were proposed for estimating the area of a birch leaf using the product of its length and width, as well as the leaf mass. In these pine forests, data were obtained on the specific leaf surface area of silver birch leaves: 154.2 and 140.5 cm²/g, and on the specific surface density of birch leaves: 64.8 and 71.2 g/m², respectively. The research results can be used to convert the mass of silver birch leaves into leaf area. The application of regression equations is valid within the range of leaf sizes. The bioindication assessment of communities using lichens did not reveal any pollution. In the lichen of Karelia, the concentration of Ni and Cu on the birch trunk is higher than in lichens associated with birch in the middle taiga subzone.

Keywords: Karelia, silver birch, leaf area, heavy metals, *Hypogymnia physodes*

Введение

Лесные сообщества выполняют средообразующую функцию, являются определяющим звеном во влагообороте. Древесный ярус формирует внутреннюю среду сообщества. Поверхность растений можно характеризовать как границу раздела физической и биологической среды биогеоценозов [1, с.16]. При промышленном загрязнении атмосферы важную роль имеет оценка фильтрационной характеристики древес-

ного яруса. С морфометрическими показателями листьев и хвои деревьев связаны трансформация выпадающих поллютантов, катионо-обменные процессы, количество осадков, задерживаемых в кронах [1]. Хвойные леса накапливают больше осадков, чем лиственные, что обуславливает их различное влияние на гидрологический режим территорий. Лиственные и хвойные деревья различаются в отношении влияния на них осадков. Крона березы задерживает до 28%

осадков. Осадки, задержанные в кронах, связаны с величиной фитомассой листьев и хвои сообщества [2]. С возрастом сообществ увеличивается их продуктивность и фитомасса [3]. Поверхность коры деревьев и контактная площадь листьев представляют характеристики среды обитания лишайников, при их атмосферном способе питания.

На показатели листа влияют категории жизненного состояния дерева, загрязнение. При влиянии техногенного загрязнения вблизи промышленных предприятий металлургии у березы повислой было выявлено утолщение листовой пластинки [4]. Уменьшение площади листа березы происходило при адаптации к неблагоприятному водному режиму субстрата и недостатку доступных питательных веществ [5]. Поверхность кроны хвойных и лиственных пород определяет ее барьерные и концентрирующие функции по отношению к загрязняющим веществам, выпадающим в лесах с осадками.

Леса региона Кольского полуострова и смежных территорий испытывают негативное влияние техногенного загрязнения. В северной Карелии, находящейся вблизи промышленно развитых областей, отсутствуют актуальные данные о состоянии воздушной среды и лишайников, влиянии на них экологических факторов. Лиственные породы менее изучены, по сравнению с хвойными.

Цель исследования: определить морфометрические показатели, площадь листьев березы повислой *Betula pendula* Roth. в сосновом сообществе северной Карелии по сравнению со среднетаежным; установить концентрации тяжелых металлов в лишайнике *Hypogymnia physodes* на стволах березы при естественном состоянии сообществ.

Материалы и методы исследования

Листья березы повислой для изучения их параметров собраны в сосняке бруснично-зеленомошном, северная Карелия в середине вегетационного периода. Листья собраны в середине дня в сухую погоду в нижней части кроны, после завершения роста, на укороченных побегах на одном модельном дереве.

Эпифитный лишайник *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. для анализа собран на стволах березы повислой и сосны, выборка по 4 экз. Высота сбора 1,30–1,50 м. Возраст березы не менее 40–50 лет. Образцы собраны в 2022 г. Сосняк бруснично-зеленомошный и кустарничково-зеленомошный расположены на ненарушенных территориях в подзонах северной тайги Карелии, Лоухский район, и средней тай-

ги, Ленинградская область, Лодейнопольский и Волховский районы [6]. Территории находятся вне зон влияния локальных источников загрязнения атмосферы и без влияния пожаров. На побережье Ладожского озера изучали редколесье сосны мохово-лишайниковое, в напочвенном покрове лишайники. Диаметр ствола модельных деревьев на высоте 1,3 м – 15–17 см.

В лаборатории образцы листьев и лишайников высушены в термостате при 105 °C до абсолютно сухого веса. Пробы лишайника озоляли при 450 °C в муфеле, золу растворяли при нагревании в 2N HCl, использовали бумажный фильтр средней плотности «синяя лента» [6]. Концентрации элементов определяли на ААС Квант-АФА, Россия. Анализ проведен в двух аналитических повторностях, с использованием государственных стандартных образцов (ГСО).

В лаборатории массу высушенных листьев березы определяли на аналитических весах. Длину и ширину листьев измеряли металлической линейкой, вычисляли их произведение, средние показатели. Вычисляли коэффициент K , как отношение фактической измеренной площади листа к квадрату со сторонами, равными длине и ширине, $K = S_{op} / LB$. Площадь листьев определяли методом подсчета на миллиметровой бумаге по контурам листьев. Площадь листьев оценивали для контроля с применением электронного планиметра полярного типа Tamaya Planix 5, Япония. Выборка листьев березы в северной Карелии 31 шт., в среднетаежном сосняке – 60. Данные обработаны в Microsoft Excel 2010 и Statistica 12.0.

Результаты исследования и их обсуждение

В лесных сообществах параметры листа березы экологически связаны с местом произрастания. На них влияют структура древесного полога, сомкнутость кроны, стратификация полога, связанное с ней влияние освещенности, почвенное питание. Площадь листа может изменяться в зависимости от расположения в пологе, в верхней или нижней его части, ценологических, климатических условий, техногенного загрязнения.

По классификации размеров листа Раункиера, листья березы относятся к градации мелких, их площадь не более 20,25 см² [1]. Крона березы относится к типу кроны, собирающей осадки. Суммарная площадь листьев всей кроны березы зависит от возраста и жизненного состояния, она может достигать у взрослых берез более 150–350 м².

Таблица 1

Морфометрические показатели листьев березы повислой
в условиях двух подзон, среднее значение и стандартное отклонение, (M±SD)

Показатели	Северная Карелия	Средняя тайга	Различия, %
Площадь, S_{op} , см ²	10,33±2,66	12,50±2,12	21,00
Длина, L, см	4,28±0,61	5,06±0,38	18,22
Ширина, B, см	3,79±0,55	4,20±0,37	10,81
Масса, m, г, 1 лист	0,067±0,02	0,089±0,02	32,83
Площадь расчетная, см ² , $S_r = L \cdot B$	16,46±4,34	21,36±3,35	29,77
Коэффициент K	0,632±0,06	0,585±0,03	-7,43
Площадь 1 кг листьев, поверхность 1 стороны, м ²	15,42	14,05	-8,90
Площадь 1 кг листьев, двусторонняя, м ²	30,83	28,09	-8,90
Удельная листовая поверхность, SLA, см ² /г	154,2	140,5	-8,90
Удельная поверхностная плотность, LMA, г/м ²	64,86	71,20	9,78

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования. Размер выборки: северная Карелия $n_1=31$, среднетаежная подзона $n_2=60$.

Сосняк бруснично-зеленомошного типа соответствует региональным оптимальным условиям роста сосновых сообществ. В сосняке северной подзоны тайги Карелии и в среднетаежном сосняке получены сходные показатели площади листа и массы. Средняя площадь листьев березы в северной подзоне тайги 10,33 см² (табл. 1).

В северной Карелии двусторонняя площадь 1 кг листьев березы 30,83 м², в среднетаежном сосняке 28,09 м². Удельная листовая поверхность листьев вида, или SLA, specific leaf area, расчетный показатель, его используют при сравнении экологического потенциала местообитаний. Он оценивает изменения структуры и возраста листа, стратегию вида при сменах в сообществах и рассматривается как нормативный признак для лесных пород. Результаты согласуются с данными литературы по удельной листовой поверхности листьев березы повислой, 150–230 см²/г [1]. Масса единицы площади поверхности листа – обратный показатель, который более наглядно связан с толщиной листа [1, 7]. Удельная поверхностная плотность листа (LMA, leaf mass per area) определяется при делении сухой массы листа на площадь. В сосновых сообществах северной Карелии и средней тайги для листьев березы повислой это значение LMA составило 64,86 и 71,20 г/м² (табл. 1).

При построении связи в виде регрессионной модели в качестве независимой переменной (x) приняты произведение ширины и длины, также масса листа, в граммах. Уравнение регрессии при переменной масса листа березы для данных северной

Карелии: $y = 2,68 + 113,5x$, $n = 31$, и оно довольно близкое для среднетаежной подзоны $y = 2,15 + 115,9x$, при $n = 60$ (табл. 2).

Для северной тайги уравнение связи площади и произведения длины и ширины листа $y = 0,961 + 0,569x$, $n = 31$. В среднетаежной подзоне это $y = -0,286 + 0,598x$. Коэффициенты b мало отличаются от нуля. Для получения площади листа березы также можно использовать переходный коэффициент K, определенный по произведению ширины и длины (табл. 1). Площадь листьев березы, подсчитанная на бумаге с помощью планиметра, связана уравнением $y = 0,1346 + 0,978x$. Коэффициент корреляции между ними высокий: $r = 0,983$. Различие определений средней площади всего 0,96%, на миллиметровой бумаге 10,33±2,66 см², с планиметром 10,43±2,68 см². Различия при измерении связаны с мелкопильчатыми краями листьев березы.

Морфометрические характеристики листьев обычно используются для определения оптимальных режимов сообществ, при создании культурных насаждений, при определении гидрологического баланса леса и количества задерживаемых осадков. Однородность условий форофитов в структуре полога, согласно индексам, можно рассмотреть детально. Световой режим влияет на морфолого-анатомические показатели листьев в вертикальной толще полога. При сильном освещении пластинка листа становится толще. По мере ослабления фотосинтетически активной радиации (ФАР) в пологе леса снижается удельная поверхностная плотность листьев, при 5% – 30 г/м² [7].

Таблица 2

Параметры уравнений линейного регрессионного анализа
для определения площади поверхности листьев березы повислой, $y = ax + b$

Независимые переменные	Коэффициенты					
	I	M	Se	t	p	R ²
средняя тайга						
Масса листа	a	115,9	5,36	21,59	<0,001*	0,89
	b	2,15	0,48	4,42	<0,001*	
Произведение длины и ширины	a	0,598	0,02	22,59	<0,001*	0,89
	b	-0,286	0,57	-0,50	0,61	
северная Карелия						
Масса листа	a	113,5	12,93	8,76	<0,001*	0,72
	b	2,68	0,90	2,95	<0,05*	
Произведение длины и ширины	a	0,569	0,042	13,47	<0,001*	0,86
	b	0,961	0,718	1,33	0,19	
Площадь, планиметр Planix 5	a	0,978	0,034	28,72	<0,001*	0,97
	b	0,1346	0,366	0,36	0,71	

Примечание: Степени свободы df: средняя тайга $t_1(58)$, северная Карелия $t_2(29)$. I – коэффициент уравнения, a – коэффициент пропорциональности, b – первоначальное значение при $x = 0$, M – значение коэффициентов, Se – ошибка коэффициентов, t – расчетное значение статистики Стьюдента, p – уровень значимости, R² – коэффициент детерминации. Составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

В эколого-физиологических исследованиях показатель удельная поверхностная плотность листьев стал применяться более широко, он перспективен при оценках послепожарной динамики. При сравнении восстановления вересковых кустарничков после пожара было показано, что удельная поверхностная плотность листьев (LMA) на горевших участках болота уменьшалась, при увеличении количество пигментов [8].

Численные значения удельной поверхностной плотности изменяются у более старых листьев. К различиям листьев приводит структура листового аппарата по типам побегов. Листья ростовых побегов березы повислой, или ауксбластов, при одинаковых размерах, как правило, легче листьев укороченных побегов, брахибластов, которые появляются на растениях раньше и в более короткие сроки [1]. Биометрические показатели листьев березы различаются у побегов разного статуса. Береза повислая отличается полиморфизмом, приспособлена к широкому диапазону условий среды, что выражается в тесной связи ее ростовых и морфологических признаков. Выявлены различия размеров листьев березы повислой между типами с разной корой ствола, с меньши-

ми размерами листа для грубокорой формы березы [9].

Березовые леса чаще не представляют коренные сообщества, а являются стадиями возобновления. Береза быстрорастущая светолюбивая порода, ее жизненная стратегия пионерный вид, эксплерент [9]. Береза в основных сообществах на разных стадиях сукцессии встречается как сопутствующий вид. В редкостойных послепожарных сосняках лишайниковых северной тайги количество березы 25–50 экз./га. В среднетаежных молодых производных сообществах больше, свыше 420–700 экз./га [10].

Молодой фитоценоз в меньшей степени влияет на химический состав осадков [11].

Береза с усиленным стоком по гладкой корке стволов, в сочетании с развитой поверхностью кроны, создает особые условия в местообитаниях. На стволах сосны условия более сухие. Концентрации тяжелых металлов в местообитаниях на березе зависят от влияния внешних факторов, состава осадков и примесей, состава листьев, листовой массы кроны.

В лишайнике на стволах березы сосняка северной Карелии концентрация Cd – 0,20 мг/кг. В среднетаежном сосняке в лишайнике на березе определена довольно высокая концентрация Cd, 0,55 мг/кг (табл. 3).

Таблица 3

Химические элементы в *Hypogymnia physodes* на березе и сосне, мг/кг, абс.сух.масса, среднее значение и стандартное отклонение, (M±SD)

Элемент	Карелия, сосняк	Средняя тайга, сосняк	Средняя тайга, побережье	
	ствол березы, n=4	ствол березы, n=4	ствол березы n=4	ствол сосны, n=4
Ni	4,9±1,4 ^a	1,3±0,05 ^b	1,4±0,1 ^b	0,98±0,3 ^b
Cu	5,9±0,2 ^a	3,1±0,1 ^b	3,8±0,5 ^b	3,5±0,3 ^b
Cd	0,20±0,04 ^a	0,55±0,20 ^b	0,55±0,06 ^b	0,47±0,04 ^b
Pb	2,5±0,5 ^a	4,5±0,5 ^b	6,1±0,4 ^b	4,8±4,3 ^{ab}
Fe	467±25 ^a	214±31 ^b	645±60 ^b	402±6,4 ^{ab}
Mn	365±32 ^a	1270±41 ^b	592±35 ^b	156±6 ^b
Zn	71±5 ^a	114±26 ^b	117±8 ^b	58±3 ^c

Примечание: Разными буквами в строках отмечены значения концентраций, которые достоверно различаются, тест Манна-Уитни, $p < 0,05$; n – биологическая повторность. Составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

В среднетаежной подзоне концентрация Cd в талломе лишайников на стволе березы выше, относительно березы в Карелии. Содержание Cd в лишайнике на березе связано с довольно высоким фоновым содержанием элемента в листьях, с вымыванием подвижных форм, особенностями накопления Cd и Zn [3]. По сравнению с сосной, концентрации Zn в лишайнике на стволах березы на побережье Ладожского озера, 117 мг/кг, выше в 2 раза. В лишайнике на березе на побережье в 3,8 раз выше содержание Mn, относительно сосны, и в сосняке оно выше в 8,1 раз. Концентрации Pb в лишайнике на березе в Карелии 2,5 мг/кг, в среднетаежных условиях 4,5–6,1 мг/кг, что не выше фоновых концентраций, 1–8 мг/кг [12]. В талломах лишайника северной тайги Карелии выше содержание Ni в 3,8 раз, Cu, в 1,9 раза, относительно березы в сосняке. Диапазон фоновых концентраций Ni 1–3 мг/кг, Cu 4–10 мг/кг [12]. В лишайнике на березе в средней тайге Cd, 0,55 мг/кг, несколько выше обычного диапазона концентраций в лишайниках, 0,1–0,3 мг/кг. Концентрации тяжелых металлов Ni, Cu, Pb в лишайнике на березе характерны для незагрязненных сообществ. Микроэлементы Fe, Mn, Zn в лишайнике сильнее варьируют на сосне и березе, достоверны различия по Zn.

При рациональном природопользовании необходимо сохранение продукционного потенциала лесных ресурсов и экологического функционирования. Значение лишайников состоит в их определенном влиянии на гидрологические характеристики леса, на сток в лесах, задерживают осадки в кронах до 35% [11]. Биомасса эпифитных ли-

шайников и мхов в старовозрастных хвойных лесах способствует их влагозапасу [13].

Лишайники, напочвенные и эпифитные виды, представляют кормовые ресурсы лесного северного оленя [14]. Особенности экологических условий обитания, накопление промышленных выбросов в среде, приводят к аккумуляции тяжелых металлов в организмах животных, продукции. Это определяет потребность контроля в кормовых видах токсичных тяжелых металлов: Cd, Pb, Hg. Количество зимнего корма оленя в виде воздушно-сухих лишайников до 5 кг в день [15]. Концентрации тяжелых металлов в лишайниках не должны быть выше безопасных показателей. В *Cetraria islandica* обычно характерны более низкие средние концентрации Cd (0,05 мг/кг) и Pb (1,7 мг/кг); Ni и Cu – 0,4–1,2 мг/кг, соответственно, по сравнению с эпифитными лишайниками.

Ряд накопления химических элементов в лишайниках на березе, северная Карелия: Fe>Mn>Zn>Cu>Ni>Pb>Cd; для среднетаежного сосняка на березе Mn>Fe>Zn>Pb>Cu>Ni>Cd, на стволе сосны: Fe>Mn>Zn>Pb>Cu>Ni>Cd. Эти ряды имеют сходный характер, кроме более высокого накопления Fe, относительно Mn, на березе в северной Карелии, и более высокого порядка Pb в средней тайге на сосне и березе.

Листья березы представляют собой активную фракцию опада, пожароопасный лесной горючий материал. Полученные показатели листа березы можно использовать при оценках площади листа по его массе, при определении суммарной площади поверхности крон, опада. Методы с использованием регрессионных уравнений широко используются при изучении роста листьев

растений [16, 17]. Производство длины и ширины листа при расчетах уравнений регрессии признается более информативным, по сравнению с использованием только ширины или длины. Применение регрессионных уравнений справедливо в диапазоне размеров листьев [18].

Заключение

В северотаежных и среднетаежных сообществах определены размерно-массовые характеристики листьев березы повислой для оценки экологического потенциала местообитаний. Предложены уравнения регрессии для определения площади листьев березы по массе листа и по производству длины и ширины листа. Получены относительные показатели листа березы: удельная листовая поверхность и удельная поверхностная плотность. Планиметрический метод и обычный способ на бумаге дают хорошо сопоставимые результаты изменений, с коэффициентом корреляции $r=0,983$.

При естественном состоянии лесных сообществ на березе повислой в эпифитных лишайниках определены концентрации тяжелых металлов, характерные для незагрязненных сообществ. В *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. на стволах березы в северотаежном сообществе концентрации Ni и Cu выше, чем в среднетаежном.

Список литературы

1. Уткин А. И., Ермолова Л. С., Уткина И. А. Площадь поверхности лесных растений. Сущность, параметры, использование. М.: Наука, 2008. 292 с. ISBN: 978-5-02-034140-1 EDN: QKQUAR.
2. Пристова Т. А. Задержание атмосферных осадков пологом древостоя березово-елового молодняка в условиях средней тайги Республики Коми // Лесной вестник. 2022. Т. 26. № 1. С. 28–34. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-1-28-34. EDN: IZLDIY.
3. Гульбе Я. И., Гульбе А. Я., Гульбе Т. А., Ермолова Л. С. Динамика биологической продуктивности молодняков березы на залежи // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2016. № 46. С. 12–16. EDN: WZXJHX.
4. Беренцева С. В., Борисова Г. Г., Собенин А. В., Малеева М. Г. Изменение структуры листа и пигментного комплекса *Betula pendula* в условиях аэротехногенного загрязнения // Вестник Нижегородского государственного университета. 2024. № 2 (66) С. 4–14. DOI: 10.36906/2311-4444/24-2/01.
5. Чукина Н. В., Филимонова Е. И., Файрузова А. И., Борисова Г. Г. Морфофизиологические особенности листьев *Betula pendula* Roth на золототалах Среднего Урала // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2016. № 6 (159). С. 68–75. EDN: WMOVTV.
6. Катаева М. Н., Беляева А. И. Действие кроны березы на содержание микроэлементов в лишайнике *Bryoria fuscescens* в северо-западном регионе // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2024. № 10. С.5–10. EDN: RHZNPS. DOI: 10.17513/mjrfi.13659.
7. Цельникер Ю. Л., Гульбе Т. А., Гульбе Я. И., Ермолова Л. С., Рождественский С. Г., Уткин А. И. Световой режим и структура фотосинтетического аппарата мелколиственных молодняков // Анализ продукционной структуры древостоев. М.: Наука, 1988. С. 132–142. ISBN: 5-02-004678-7.
8. Гашкова Л. П., Кравец А. В. Оценка изменения параметров листовой пластинки и содержания фотосинтетических пигментов вересковых кустарничков на постпирогенном участке Большого Васюганского болота // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2026. № 73. С.127–142. EDN: AFILNM. DOI: 10.17223/19988591/73/6.
9. Наквасина Е. Н., Некрасова А. В., Прожерина Н. А. Сравнение березы повислой (*Betula pendula* Roth) с разными типами коры по вегетативным и генеративным признакам // Лесной вестник. 2019. Т. 23. № 1. С. 28–36. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-1-28-36.
10. Пристова Т. А. Фитомасса древесных растений в лиственных фитоценозах послерубочного происхождения // Лесной вестник. 2020. Т. 24. № 1. С. 5–13. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-1-5-13.
11. Пристова Т. А. Химический состав атмосферных осадков, подкroновых и поверхностных вод в среднетаежных лиственных насаждениях послерубочного происхождения // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 2. С.63–69. DOI: 10.25750/1995-4301-2022-2-063-069.
12. Баргальи Р. Биогеохимия наземных растений. Экофизиологический подход к биомониторингу и биовосстановлению. М.: ГЕОС, 2005. 457 с. ISBN: 5-89118-364-1.
13. Pypker T. G., Unsworth M. H., Bond B. J. The role of epiphytes in rainfall interception by forests in the Pacific Northwest. I. Laboratory measurements of water storage // Canadian Journal of Forest Research. 2006. Vol. 36. P. 809–818. DOI: 10.1139/X05-298.
14. Мамонтов В. Н. Динамика численности и ареала и особенности экологии европейского лесного северного оленя (*Rangifer tarandus fennicus* Lönbn.) на восточной границе Фенноскандии // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2021. № 1. С. 69–81. DOI: 10.17076/bg1306.
15. Белкина А. В., Кирюхина Е. А., Лукьянчикова Л. В., Чаунина Е. А. Анализ особенностей кормления северного оленя // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2020. № 4 (23). EDN: QYYIBD. URL: <http://e-journal.omgau.ru/images/issues/2020/4/00866.pdf> (дата обращения: 15.06.2026).
16. Дорофеева М. М., Бонеецкая С. А. Сравнительный анализ некоторых классических и современных методик определения площади листовой поверхности // Растительные ресурсы. 2020. Т. 56. Вып. 2. С. 182–192. DOI: 10.31857/S0033994620020041.
17. Киселева Н. С. Способ вычисления площади листа группы по линейным измерениям с помощью расчетных коэффициентов и методов вариационной статистики // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 1. С. 211–217. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.1.211rus.
18. Чернова А. М. К методике определения площади листьев растений *Nymphaeaceae* Salisb. // Труды Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН. 2021. Вып. 93 (96). С. 138–147. DOI: 10.47021/0320-3557-2021-138-147.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование: Работа выполнена в рамках государственного задания по плановой теме БИН РАН НИР 2026 г. «Растительность Европейской России и Северной Азии: разнообразие, динамика, типы местообитаний» № 126020616772-4.

Financing: The work was carried out within the framework of the state assignment for the planned topic of the Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences research work 2026 “Vegetation of European Russia and Northern Asia: diversity, dynamics, habitat types” No. 126020616772-4.