КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

Краткое сообщение
УДК 630*11
DOI: 10.37482/0536-1036-2026-5-195-204

Строение березовых древостоев по диаметру в прибрежной полосе Белого моря

С.В. Коптев*[1,2]✉*, д-р с.-х. наук, доц., гл. науч. сотр.; ResearcherID: ABD-5497-2021, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5402-1953
С.В. Третьяков*[1,2]*, д-р с.-х. наук, проф., гл. науч. сотр.; ResearcherID: AAE-3861-2021, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5982-3114
А.П. Богданов*[2]*, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр.; ResearcherID: ABH-9399-2020, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1655-7212
А.В. Голышев*[1]*, доц.; ORCID: https://orcid.org/0009-0001-0512-055X
[1]Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия; s.koptev@narfu.ru✉, s.v.tretyakov@narfu.ru, v.golyshev@narfu.ru
[2]Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, г. Архангельск, Россия; s.koptev@narfu.ru✉, s.v.tretyakov@narfu.ru, aleksandr_bogd@mail.ru

Поступила в редакцию 10.05.25 / Одобрена после рецензирования 09.08.25 / Принята к печати 11.08.25

Аннотация. Изучены закономерности строения по диаметру березовых древостоев, произрастающих на границе суша–море на территории Архангельской области. Целью исследования является оценка строения березовых древостоев по диаметру и изменчивости формы стволов, формирующихся под влиянием суровых климатических условий, проявляющихся в основном в низких температурах и сильных ветровых нагрузках. Искривления ствола наблюдаются преимущественно для комлевой части, требуют внесения корректив при определении места таксационного диаметра. Заложены 11 пробных площадей в соответствии с общепринятыми методиками и с учетом особенностей строения древостоев в различных типах леса. Объекты находятся в защитных лесах и на них не проводились лесохозяйственные мероприятия. Выполнены замеры диаметров и высот всех деревьев березы и деревьев остальных пород. Диаметры учтены в двух взаимно перпендикулярных направлениях (С–Ю и З–В) на высоте (или длине при сильном искривлении нижней части ствола) 1,3 м от шейки корня. Для каждого дерева березы, имеющего визуальное искривление ствола, устанавливали коэффициент кривизны ствола. Выборочные совокупности проверены на нормальность распределения. Учтена асимметрия выборок и уровень надежности. По результатам исследования установлено, что изучаемые лесные экосистемы являются устойчивыми, длительно развивающимися, выполняющими функции защиты лесов материковой части от северных ветров. Отмечено продолжение дифференциации древесных стволов березы и формирование насаждения в результате видовой и межвидовой конкуренции. Получены ряды распределения деревьев по диаметру и модели этих распределений. Выявлено левостороннее смещение распределения деревьев по диаметру относительно нормального. Изучение особенностей формирования структуры и роста березовых насаждений, произрастаю-

© Коптев С.В., Третьяков С.В., Богданов А.П., Голышев В.А., 2026
Статья опубликована в открытом доступе и распространяется на условиях лицензии CC BY 4.0

щих в прибрежной полосе Белого моря, позволит разработать рекомендации по повышению устойчивого лесоуправления, уточнить нормативы таксации.

Ключевые слова: березовые древостои, березовое криволесье, ветровые нагрузки, ветровые нагрузки на древостой, строение по диаметру, ряды распределения, модели распределения по диаметру, Белое море

Финансирование: Публикация подготовлена по результатам НИР, выполненных в рамках госзадания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований в сфере деятельности Федерального агентства лесного хозяйства (регистрационный номер темы: 123022800118–4).

Для цитирования: Коптев С.В., Третьяков С.В., Богданов А.П., Голышев В.А. Строение березовых древостоев по диаметру в прибрежной полосе Белого моря // Изв. вузов. Лесн. журн. 2026. № 5. С. 195–204.
https://doi.org/10.37482/0536-1036-2026-5-195-204

Brief report

Birch Tree Stand Structure by Diameter in the Coastal Belt of the White Sea

Sergey V. Koptev[1,2]✉, *Doctor of Agriculture, Assoc. Prof., Chief Research Scientist;*
ResearcherID: ABD-5497-2021, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5402-1953
Sergey V. Tretyakov[1,2], *Doctor of Agriculture, Prof., Chief Research Scientist;*
ResearcherID: AAE-3861-2021, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5982-3114
Alexander P. Bogdanov[2], *Candidate of Agriculture, Senior Research Scientist;*
ResearcherID: ABH-9399-2020, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1655-7212
Vitaliy A. Golyshev[1], *Assoc. Prof.;* ORCID: https://orcid.org/0009-0001-0512-055X
[1]Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia; s.koptev@narfu.ru✉, s.v.tretyakov@narfu.ru, v.golyshev@narfu.ru
[2]Northern Research Institute of Forestry, Arkhangelsk, Russia; s.koptev@narfu.ru✉, s.v.tretyakov@narfu.ru, aleksandr_bogd@mail.ru

Received on May 10, 2025 / Approved after reviewing on August 9, 2025 / Accepted on August 11, 2025

Abstract. The paper presents the results of studying the structure patterns of birch forest stands growing in the coastal belt of the White Sea within the breast height. The research aims to assess the structure of birch stands (by trunk diameter and trunk shape variability) that develop under harsh climatic conditions: low temperatures and strong wind loads. Trunk curvature is observed primarily in the butt end and requires adjustments when determining the location of the breast height. Eleven sample plots were laid out following standard procedures and considering the specific features of the tree stands in various forest types. The sites are located in protective forests, and no silvicultural activities have been carried out there. The diameters and heights of all birch trees and trees of other species have been measured. Diameters were measured in two mutually perpendicular directions (N–S and W–E) at a height (or length, in cases where the lower part of the trunk is severely curved) of 1.3 m from the root collar. A trunk curvature coefficient was determined for each birch tree with a visually discernible trunk curvature. The sample populations have been tested for normality. Sample skewness and the reliability level have been taken into account. The study found that the studied forest

This is an open access article distributed under the CC BY 4.0 license

ecosystems are stable, long-term developing systems that serve as a protective barrier for the mainland's forests against northern winds. We observed ongoing differentiation of birch tree trunks and stand formation as a result of intraspecific and interspecific competition. We obtained tree diameter distribution series and models of these distributions. A left-skewed tree diameter distribution relative to the normal distribution was observed. Studying the features of the structuring and growth of birch stands along the White Sea coastline will enable the development of recommendations for improving sustainable forest management and refining inventory standards.

Keywords: birch forest stands, birch krummholz, wind loads, wind loads imposed on a stand, diameter structure, distribution series, diameter distribution models, White Sea

Funding: The article presents the results of research and development work carried out within the framework of a government-funded project assigned to the Federal State Budgetary Institution "Northern Research Institute of Forestry" for applied scientific research in the field of the Federal Forestry Agency (project registration No. 123022800118–4).

For citation: Koptev S.V., Tretyakov S.V., Bogdanov A.P., Golyshev V.A. Birch Tree Stand Structure by Diameter in the Coastal Belt of the White Sea. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2026, no. 5, pp. 195–204. (In Russ.). https://doi.org/10.37482/0536-1036-2026-5-195-204

Введение

Род *Betula* L. имеет обширный ареал в умеренных и арктических широтах и отличается наибольшим полиформизмом из всех видов древесных растений. В европейской части России преобладают береза повислая (*Betula pendula* Roth) и береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh). Менее требовательной к экологическим условиям является вторая из названных, характеризующаяся более высокой устойчивостью и способная продвигаться на север [4].

Северные пределы ареала березы отличаются высокой влажностью, значительным колебанием суточных и сезонных температур, длительной продолжительностью смены сезонов. Для побережья Белого моря свойственна сезонная изменчивость преобладающих ветров с превалированием северного и северо-восточного направлений. Средняя скорость ветра варьирует в диапазоне 5–11 м/с. Скорость более 15 м/с может наблюдаться 1–5 раз в месяц, а максимальная достигает 26–38 м/с [1, 15]. В последнее время изменение климата привело к увеличению силы и продолжительности ветров. Состав напочвенного покрова и почвы в условиях побережья моря существенно беднее, чем в подобных лесных насаждениях, расположенных вдали от побережья [5]. Деревья в таких суровых условиях имеют существенные отличия от деревьев в насаждениях, не испытывающих ветровых нагрузок. В связи с этим вопросы роста деревьев в насаждении, формирования ствола, дифференциации параметров деревьев в климатических условиях побережья Белого моря становятся особенно актуальными.

Климатические условия названного региона способствуют естественной гибридизации близкородственных видов, изменению морфологических признаков – наследственным изменениям в структуре древесины, форме листовой пластинки. Продолжительность жизни отдельных деревьев березы в районе исследования достигает 120–170 лет. Возраст естественной спелости березы для разных типов условий произрастания составляет 100–110 лет [5, 10, 13, 19]. Насаждения объектов исследования образованы двумя типами эпифитных древесных растений: деревья, имеющие один высокий для данных условий ствол

и деревья в форме кустарников. Внутривидовая изменчивость березы выражается морфологическми признаками и проявляется с возрастом, под влиянием экологических, климатических и эдафических условий среды. На крайнем севере при сильных ветровых нагрузках береза приспосабливается к условиям среды, принимая как древовидную, так и кустарниковую формы. В связи с этим на севере выделяются виды береза извилистая (*Betula tortuosa* Ledeb), береза карликовая (*Betula nana* L.). Береза извилистая считается климатической формой березы пушистой или гибридом березы пушистой и березы извилистой. Генетический анализ для идентификации видов затруднен по причине большого числа и малых размеров хромосом [2, 3].

Для берез повислой и пушистой характерен обширный ареал. Различные климатические условия обеспечили им разный путь адаптации и эволюционного развития. Изменения вида особенно усиливаются при сильном отличии климатических условий от оптимальных эколого-географических условий для произрастания.

В прибрежной материковой полосе и на островах Белого моря произрастает гибридная форма березы с сочетанием и проявлением признаков двух основных видов – березы повислой и березы пушистой. На некотором расстоянии от прибойной полосы встречаются кустовидные формы березы пушистой. Особо отмечаются деревья, обладающие извилистой формой ствола и некоторыми признаками, характерными для карликовой березы [7–9, 21, 24, 25, 27]. Береза прибрежной части и островов определяется как пушистая по большинству морфо-физиологических признаков. О существовании гибрида березы повислой и березы пушистой возможно говорить даже при различии в числе хромосом (28 и 56 соответственно), т. к. климатические условия района исследования нестабильны, что снижает фенологическую изоляцию видов (при возможности одновременного цветения видов). При этом образовавшиеся гибриды характеризуются высокой изменчивостью основных морфо-физиологических признаков [3, 21–24, 26, 28].

Изменчивость морфологических признаков в процессе роста приводит к формированию у части древесных стволов сильно искривленной формы, и смещенной дифференциации их по диаметру, что затрудняет применение традиционных подходов к таксации.

Целью исследования является оценка строения березовых древостоев по диаметру и изменчивости формы стволов с учетом влияния низких температур в сочетании с сильными ветровыми нагрузками.

Объекты и методы исследования

Район исследования расположен в северной части Архангельской области на границе с Белым морем. Научные работы проведены на стационарных пробных площадях, заложенных с учетом ОСТ 56-69–83 «Площади пробные лесоустроительные» с 2020 по 2024 гг. в насаждениях с преобладанием березы. Выполнены замеры диаметров и высот всех деревьев березы и деревьев остальных пород, начиная с диаметра 1,0 см. Типы леса – березняк черничный, березняк долгомошный, березняк травяный. Лесохозяйственные мероприятия в данных насаждениях не проводились. Замер диаметров деревьев выполняли в двух взаимно перпендикулярных направлениях (С–Ю и З–В) на высоте (или

длине при сильном искривлении нижней части ствола) 1,3 м от шейки корня с точностью до 0,1 см. (рис. 1).



Рис. 1. Различная степень искривления стволов березы в районе исследования

Fig. 1. Varying degrees of birch trunks curvature in the study area

Для каждого дерева березы, имеющего визуальное искривление ствола, устанавливали коэффициент кривизны ствола – соотношение высоты дерева и длины ствола, а также положение таксационного диаметра по длине ствола [16, 17]. Выборочные совокупности проверены на нормальность распределения. Асимметрия выборок изменяется в пределах от 1,39 до 1,86, эксцесс – от 1,48 до +3,86. Уровень надежности составил 0,48–0,87. В изучаемой совокупности преобладают деревья, которые по размерным характеристикам (таксационный диаметр менее 6,0 см) в условиях северной тайги относят к категории подроста (68,6 %). Возраст березы на объектах исследования находится в основном в пределах от 30 до 75 лет при среднем диаметре 8–10 см. Отмечено наличие разновозрастности, т. е. возраст отдельных деревьев может отличаться на несколько классов возраста. Максимальный возраст березы составил 178 лет. Доля деревьев старого поколения березы в среднем составляет 1,6 % от общего количества. Средний диаметр таких деревьев равняется 21,9±1,1 см, основное отклонение – ±4,3 см, изменчивость – 20 %. Кривые распределения рассматривались как одновершинные, несмотря на некоторую полимодальность для отдельных пробных площадей. Обобщенная таксационная характеристика насаждений: состав древостоя – 6Б1Е1Ос1Ив1Ряб, средние параметры для березы – это возраст 70 лет, диаметр 10 см, высота 7 м и запас древостоя 50 м^3/га. При этом рябина и ива как подлесочные породы таежных лесов в данных условиях произрастания могут находиться в одном ярусе с основными лесообразующими породами.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование формы стволов березы показало, что на разном удалении от береговой черты только часть деревьев реагирует на ветровые нагрузки формированием ствола сильной кривизны (коэффициент кривизны выше 1,5). До 80 % деревьев имеют условно прямоствольную форму ствола (при коэффициенте кривизны от 1,0 до 1,2). Также встречается прямоствольная форма на большей части протяженности ствола, но имеющая наклон 30–40° по направлению преобладающих ветров. Данное явление подтверждается исследованиями других авторов [9, 18, 20]. Сильные искривления ствола носят очаговый характер и их распространение не коррелирует с расстоянием до береговой черты.

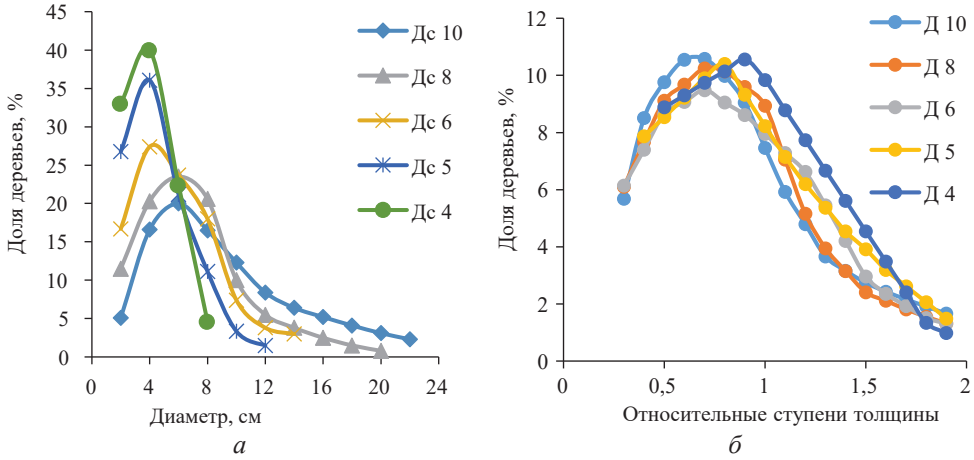
Средний коэффициент кривизны для березы составил 1,34±0,01 с размахом от 1,0 до 1,9. Показано отсутствие выраженной зависимости степени искривления ствола от таксационных параметров. Распределение числа деревьев по коэффициенту кривизны является близким к нормальному.

Строение древостоев по диаметру – один из наиболее важных параметров для выявления закономерностей формирования древостоев, назначения лесохозяйственных мероприятий [11, 12, 14]. На основании данных перечетов деревьев на пробных площадях получены усредненные, общие для всех возрастных поколений, типов леса ряды распределения числа деревьев по диаметру для древостоев разных средних диаметров по абсолютным и относительным ступеням толщины (табл. 1, рис. 2).

Таблица 1

Ряды распределения деревьев березы по ступеням толщины, %
Birch Trees Distribution Series by Diameter Class, %

Ступень толщины, см	Средние диаметры древостоев, см				
	4	5	6	8	10
2	33,0	26,8	16,7	11,5	8,6
4	40,0	36,1	27,4	20,3	18,6
6	22,4	21,2	23,7	23,5	21,4
8	4,6	11,2	18,0	20,6	18,5
10		3,3	7,4	10,0	11,7
12		1,5	3,8	5,5	7,2
14			3,0	3,8	5,3
16				2,5	4,1
18				1,5	2,8
20				0,8	1,8



а *б*

Рис. 2. Распределение деревьев березы по обычным (*а*) и относительным ступеням толщины (*б*) для древостоев разных средних диаметров

Fig. 2. Birch trees distribution by normal (*a*) and relative diameter classes (*б*) for stands with different average diameters

Ряды распределения числа деревьев по диаметру описываются уравнениями, приведенными в табл. 2. Варьирование фактического числа деревьев по градациям диаметра высокое, уравнения аппроксимации рассчитывали по усредненным данным.

Таблица 2

Уравнения аппроксимации рядов распределения деревьев по диаметру, %
Equations for Approximating the Trees Distribution Series by Diameter, %

Средний диаметр, см	Вид уравнения	Основная ошибка уравнения	Критерий Фишера
4	$y = 25{,}96–20{,}42\ln x+3{,}96\ln x^2/(1–1{,}05\ln x+0{,}30\ln x)^2$	2,10	127
5	$y = 5252–190x+1208x^{0,5}–5134x^{0,5}+1776\ln x$	0,55	1279
6	$y = –36{,}88+54{,}52x–15{,}95x^2+8{,}38x^2\cdot\ln x–2{,}63x^{2,5}$	1,30	142
8	$y = (7{,}53–0{,}202x)/(1–0{,}235x+0{,}018x^2)$	1,03	207
10	$y = (4{,}83–1{,}11\ln x–0{,}07\cdot(\ln x)^2)/(1–0{,}946\ln x)^2$	0,73	214

Примечание: Точность выравнивания – 0,99.

Для характеристики распределения числа деревьев березы в пределах ступеней толщины рассчитали статистические показатели (табл. 3).

Таблица 3

Характеристики распределения числа деревьев березы в пределах ступеней толщины
Distribution Characteristics of Birch Trees Number within the Diameter Classes

Ступени толщины, см	Минимум, см	Максимум, см	Среднее, см	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент изменчивости, %	Точность опыта, %
2	1	2,9	2,3±0,05	0,40	17,0	2,1
4	3	4,9	3,8±0,02	0,57	15,1	0,7
6	5	6,9	5,7±0,03	0,55	9,7	0,6
8	7	8,9	7,7±0,05	0,56	7,1	0,6
10	9	10,7	9,7±0,06	0,49	5,1	0,7
12	11	12,9	11,8±0,10	0,36	5,1	0,8
14	13	14,9	13,8±0,19	0,72	5,2	1,4
16	15	16,6	15,7±0,16	0,49	3,1	1,0
18	17	18,9	18,2±0,62	1,07	5,9	3,4

Связь между средним ($Д_{ср}$) и максимальным ($Д_{макс}$) диаметрами деревьев выражается уравнением:

$$Д_{макс} = 15{,}6\ln Д_{ср} – 14{,}24, \qquad R^2=0{,}93.$$

Доля деревьев средних диаметров 4–10 см следующая: 4 см – 64 %; 5 см – 62 %; 6 см – 58 %; 8 см – 55 %; 10 см – 48 %.

Большой диапазон рядов распределения деревьев по таксационному диаметру обусловлен наличием деревьев в толстомерных (для данных условий) ступенях толщины.

Коэффициенты изменчивости диаметров деревьев в березовых древостоях с увеличением средних диаметров растут в связи с повышением количества представителей толстомерных ступеней. Сравнение с общими рядами распределения по естественным ступеням толщины [6, 14] показывает больший диапазон диаметров стволов для всех средних диаметров древостоев. Это различие объясняется отсутствием лесохозяйственных мероприятий в изучаемых насаждениях.

Наблюдается незначительное расхождение в характере распределения числа деревьев по обычным и относительным ступеням толщины в березовых древостоях различных средних диаметров. Различия определяли по критерию Колмогорова–Смирнова. Распределение числа деревьев по обычным ступеням

толщины имеют достоверное различие, установленное по критерию Колмогорова–Смирнова между древостоями разных средних диаметров.

Отмечается закономерное смещение места среднего диаметра в сторону толстомерных ступеней с повышением среднего диаметра древостоев. Связь выражается уравнением

$$N = -2{,}594Д_{ср} + 74{,}5, \qquad R^2 = 0{,}98,$$

где N – число деревьев с таксационным диаметром меньше среднего.

Заключение

Установлены особенности строения по диаметру березовых древостоев прибрежной полосы Белого моря. Отмечено наличие сильных искривлений стволов, что связывается с влиянием значительных ветровых нагрузок и сложных климатических условий. Выявлены закономерности строения древостоев по диаметру, на основе которых построены ряды распределения числа деревьев по ступеням толщины.

Установленные связи позволят разработать и уточнить нормативы таксации березовых насаждений прибрежной полосы Белого моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Агроклиматические ресурсы Карельской АССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 115 с.

Agroclimatic Resources of the Karelian Autonomous Soviet Socialist Republic. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1974. 115 p. (In Russ.).

2. *Браславская Т.Ю., Сидорова О.В., Чуракова Е.Ю., Мамонтов В.Н.* Сравнительная характеристика березняков в карстовых логах бассейнов рек Падуна и Сояны (Архангельская область, Беломорско-Кулойское плато) // Соврем. проблемы притундровых лесов: материалы Всерос. конф. Архангельск: Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова, 2012. С. 135–141.

Braslavskaya T.Yu., Sidorova O.V., Churakova E.Yu., Mamontov V.N. Comparative Characteristics of Birch Forests in the Karst Ravines of the Paduna and Soyana River Basins (Arkhangelsk Region, Belomorsk-Kuloy Plateau). *Current Issues of Tundra Forests: Proceedings of the All-Russian Conference*. Arkhangelsk, NArFU Publ., 2012, pp. 135–141. (In Russ.).

3. *Ветчинникова Л.В.* Береза: вопросы изменчивости (морфо-физиологические и биохимические аспекты). М.: Наука, 2004. 183 с.

Vetchinnikova L.V. *Birch: Issues of Variability (Morphophysiological and Biochemical Aspects)*. Moscow, Nauka Publ., 2004. 183 p. (In Russ.).

4. *Ветчинникова Л.В., Бумагина З.Д.* Уникальность популяций березы на островах Белого моря // Культурное и природное наследие островов Белого моря. Петрозаводск: Пакони, 2002. С. 93–97.

Vetchinnikova L.V., Bumagina Z.D. Uniqueness of Birch Populations on the White Sea Islands. *The Cultural and Natural Heritage of the White Sea Islands*. Petrozavodsk, Pakoni Publ., 2002, pp. 93–97. (In Russ.).

5. *Громцев А.Н., Карпин В.А., Петров Н.В., Туюнен А.В.* Прибрежные леса Белого моря: природные особенности, современное состояние, оптимизация использования // Современные проблемы притундровых лесов: материалы Всерос. конф. Архангельск: Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова, 2012. С. 142–146.

Gromtsev A.N., Karpin V.A., Petrov N.V., Tuyunen A.V. Coastal Forests of the White Sea: Natural Features, Current State, and Optimization of Use. *Current Issues of Tundra Forests: Proceedings of the All-Russian Conference*. Arkhangelsk, NArFU Publ., 2012, pp. 142–146. (In Russ.).

6. *Загреев В.В., Сухих В.И., Шведенко А.З., Гусев Н.Н., Мошкалев А.Г.* Общесоюзные нормативы для таксации лесов. М.: Колос, 1990. 495 с.

Zagreev V.V., Sukhikh V.I., Shvedenko A.Z., Gusev N.N., Moshkalev A.G. *All-Union Standards for Forest Inventory*. Moscow, Kolos Publ., 1990. 495 p. (In Russ.).

7. *Ипатов Л.Ф., Косарев В.П., Проурзин Л.Н., Торхов С.В.* Соловецкий лес. Архангельск: Соломбальская тип., 2005. 225 с.

Ipatov L.F., Kosarev V.P., Prourzin L.N., Torkhov S.V. *The Solovetsky Forest*. Arkhangelsk, Solombalskaya tipografiya, 2005. 225 p. (In Russ.).

8. *Ипатов Л.Ф., Косарев В.П., Проурзин Л.И., Торхов С.В.* Леса Соловецкого архипелага. Архангельск: СОЛТИ, 2009. 244 с.

Ipatov L.F., Kosarev V.P., Prourzin L.I., Torkhov S.V. *The Forests of the Solovetsky Archipelago*. Arkhangelsk, SOLTI Publ., 2009. 244 p. (In Russ.).

9. *Коновалов В.Ф.* Селекция и разведение березы повислой на Южном Урале: моногр. М.: МГУЛ, 2002. 299 с.

Konovalov V.F. *Selection and Breeding of Silver Birch in the Southern Urals*: Monograph. Moscow, MGUL Publ., 2002. 299 p. (In Russ.).

10. *Костина В.А., Исаева Л.Г.* Современное состояние притундровых березняков запада Мурманской области // Современные проблемы притундровых лесов: материалы Всерос. конф. Архангельск: Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова, 2012. С. 152–158.

Kostina V.A., Isaeva L.G. The Current State of Sub-Tundra Birch Forests in the West of the Murmansk Region. *Current Issues of Sub-Tundra Forests: Proceedings of the All-Russian Conference*. Arkhangelsk, 2012, pp. 152–158. (In Russ.).

11. *Кузьмичев В.В.* Закономерности динамики древостоев: принципы и модели: моногр. Новосибирск: Наука, 2013. 208 с.

Kuzmichev V.V. *Patterns of Tree Stand Dynamics: Principles and Models*: Monograph. Novosibirsk, Nauka Publ., 2013. 208 p. (In Russ.).

12. *Кузьмичев В.В., Лебедев А.В.* «Предельная линия» средний диаметр – среднее расстояние между деревьями» в древостоях // Природообустройство. 2024. № 5. С. 119–126.

Kuzmichev V.V., Lebedev A.V. Limit Line “Average Diameter – Average Distance between Trees” in Stands. *Prirodoobustrojstvo*, 2024, no. 5, pp. 119–126. (In Russ.).
https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-5-119-126

13. Лесотаксационный справочник по северо-востоку европейской части Российской Федерации. Архангельск: Правда Севера, 2012. 672 с.

Forest Inventory Handbook for the North-East of the European Part of the Russian Federation. Arkhangelsk, Pravda severa Publ., 2012. 672 p. (In Russ.).

14. *Нагимов З.Я., Моисеев П.А., Бартыш А.А., Разманов И.В., Григорьев А.А.* Структура и фитомасса березовых древостоев на верхней границе леса в условиях Северного Урала // Лесн. вестн. / Forestry Bulletin. 2008. № 3. С. 61–67.

Nagimov Z.Ya., Moiseev P.A., Bartysh A.A., Razmanov I.V., Grigoriev A.A. Structure and Phytomass of Birch Stands at the Upper Forest Line in the Northern Urals. *Lesnoy vestnik* = Forestry Bulletin, 2008, no. 3, pp. 61–67. (In Russ.).

15. Российский морской регистр судоходства. Справочные данные по режиму ветра и волнения Берингова и Белого морей: электронный аналог печатного издания, утв. 07.12.2010, № 2–029901–009. СПб., 2010. 566 с.

Russian Maritime Register of Shipping. Reference Data on the Wind and Wave Conditions in the Bering and White Seas: Electronic Version of the Printed Publication, Approved on 07.12.2010, No. 2-029901-009. Saint Petersburg, 2010. 566 p. (In Russ.).

16. *Торхов В.А., Торхов С.В., Третьяков С.В.* Исследование формы стволов березы в прибрежной полосе Большого Соловецкого острова // Экологические проблемы Севера: межвуз. сб. науч. тр. (75-летию Г.И. Редько посв.). Архангельск: АГТУ, 2005. Вып. 8. С. 192–196.

Torkhov V.A., Torkhov S.V., Tretyakov S.V. A Study of the Shape of Birch Trunks in the Coastal Line of Bolshoy Solovetsky Island. *Environmental Issues of the North:*

Interuniversity Collection of Academic Papers (75th Anniversary of G.I. Redko). Arkhangelsk, ASTU Publ., 2005, iss. 8, pp. 192–196. (In Russ.).

17. *Торхов В.А., Третьяков С.В., Торхов С.В.* Форма стволов березы в прибрежной полосе Большого Соловецкого острова // Проблемы мониторинга природной среды Соловецкого архипелага: сб. материалов II Всерос. науч. конф. Архангельск: ИЭПС, 2008. С. 70–72.

Torkhov V.A., Tretyakov S.V., Torkhov S.V. The Shape of Birch Trunks in the Coastal Line of Bolshoy Solovetsky Island. *Issues of Environmental Monitoring in the Solovetsky Archipelago: Proceedings of the 2nd All-Russian Scientific Conference*. Arkhangelsk, IEPS Publ., 2008, pp. 70–72. (In Russ.).

18. *Чиненко С.В., Королева Н.Е.* Леса, редколесья, криволесья и кустарниковые сообщества из Betula czerepanovii Orlova в тундре и лесотундре Кольского полуострова // Современные проблемы притундровых лесов: материалы Всерос. конф. Архангельск: Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова, 2012. С. 197–202.

Chinenko S.V., Koroleva N.E. Forests, Sparse Forests, Dwarf Forests, and Shrub Communities of *Betula czerepanovii* Orlova in the Tundra and Forest-Tundra of the Kola Peninsula. *Current Issues of Sub-Tundra Forests: Proceedings of the All-Russian Conference*. Arkhangelsk, NArFU Publ., 2012, pp. 197–202. (In Russ.).

19. *Чупров Н.П.* Березняки Европейского Севера России. Архангельск: СевНИИЛХ, 2008. 386 с.

Chuprov N.P. Birch Forests of the European North of Russia. Arkhangelsk, SevNIILH Publ., 2008. 386 p. (In Russ.).

20. Atkinson M.D. *Betula pendula* Roth (*B. verrucosa* Ehrh.) and *Pubescens* Ehrh. *Journal of Ecology*, 1992, vol. 80, no. 4, pp. 837–870. https://doi.org/10.2307/2260870

21. *Betula tortuosa* Ledeb. *Plantarium. Plants and Lichens of Russia and Neighboring Countries: Open Online Galleries and Plant Identification Guide*. Available at: https://www.plantarium.ru/lang/en/page/view/item/6635.html (accessed 07.10.26).

22. Iliev I. Polymorphysm of Silver Birch (*Betula pendula* Roth) according to Bark and Crown. *Nauka za gorata* = Forest Science, 1990, vol. 27, no. 2, pp. 108–116. (In Bulgarian).

23. Johnsson H. Genetic Characteristics of *Betula verrucosa* Ehrh and *Betula pubescens* Ehrh. *Annales Forestales. Analiza Sumarstvo*, 1974, no. 6, pp. 91–133.

24. Kallio P., Hurme H., Eurola S., Norokorpi Y., Sepponen P. Research Activities on the Forest Line in Northern Finland. *Arctic*, 1986, vol. 39, no. 1, pp. 52–58.

25. Leduc G.B., Thórsson Æ.T., Anamthawat-Jónsson K. Species Integrity and Ploidy Stability despite Extensive Gene Flow via Introgressive Hybridization: The Case of *Betula* Species in Iceland. *BMC Plant Biology*, 2025, vol. 25, art. 462. https://doi.org/10.1186/s12870-025-06482-1

26. Palme E.A., Su Q., Pálsson S., Lascoux M. Extensive Sharing of Chloroplast Haplotypes among European Birches Indicates Hybridization among *Betula pendula*, *B. pubescens* and *B. nana*. *Molecular Ecology*, 2004, vol. 13, iss. 1, pp. 167–178. https://doi.org/10.1046/j.1365-294X.2003.02034.x

27. Thórsson Æ.Th., Pálsson S., Sigurgeirsson A., Anamthawat-Jónsson K. Morphological Variation among *Betula nana* (Diploid), *B. pubescens* (Tetraploid) and Their Triploid Hybrids in Iceland. *Annals of Botany*, 2007, vol. 99, iss. 6, pp. 1183–1193. https://doi.org/10.1093/aob/mcm060

28. Vetchinnikova L.V. Curly Birch in Karelia: Resources, Conservation and Propagation. *Karelia and Norway: The Main Trends and Prospects of Scientific Cooperation*. Petrozavodsk, KarRC RAS Publ., 1998, pp. 23–25.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest

Вклад авторов: Все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the manuscript