

Научная статья

УДК 630\*2

DOI: 10.37482/0536-1036-2022-4-91-100

## Ветрозащитная роль березового криволесья на Большом Соловецком острове

А.Н. Соболев<sup>1</sup>, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр.; ResearcherID: [AAS-3366-2020](https://orcid.org/0000-0002-7961-8318),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7961-8318>

П.А. Феклистов<sup>2</sup>✉, д-р с.-х. наук, проф.; ResearcherID: [AAC-2377-2020](https://orcid.org/0000-0001-8226-893X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8226-893X>

Л.Ф. Попова<sup>3</sup>, д-р биол. наук, проф.; ResearcherID: [W-4158-2018](https://orcid.org/0000-0003-1650-6797),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1650-6797>

<sup>1</sup>Соловецкий музей-заповедник, пос. Соловецкий, Приморский р-н, Архангельская обл., Россия, 163000; alex-sobol@mail.ru .

<sup>2</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лавёрова УрО РАН, наб. Сев. Двины, д. 109, г. Архангельск, Россия, 163000; pfeklistov@yandex.ru✉

<sup>3</sup>Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, наб. Сев. Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002; lf.popova@narfu.ru

Поступила в редакцию 01.10.20 / Одобрена после рецензирования 11.01.21 / Принята к печати 13.01.21

**Аннотация.** Ветрозащитными природными сообществами береговой линии Большого Соловецкого острова являются березовые криволесья, состоящие преимущественно из березы извилистой (*Betula tortuosa* Ledeb.) с вкраплениями березы пушистой (*B. pubescens* Ehrh.) и единичным присутствием ели, ивы, осины. Они охватывают остров с востока, запада и юга на ширину от десятков до сотен метров, лишь на севере чередуясь с сосняками, и защищают внутренние лесные фитоценозы от ветровой нагрузки и ветровала. Цель исследования – выявление ветрозащитной роли березового криволесья. Работы выполнены в 3 точках побережья на пробных площадях, в пределах которых заложены трансекты, перпендикулярные береговой линии (всего 41 трансекта). Тип леса – березняки черничные (2 пробные площади) и брусничные (1 пробная площадь). Пробные площади и, соответственно, трансекты заложены в разных по степени изрезанности побережья условиях: в куту полуоткрытого залива (пробная площадь 1), защищенного от ветрового воздействия (конец глухого залива); на мысу морского побережья (пробная площадь 2), испытывающего значительную ветровую нагрузку; на сравнительно ровной береговой линии (пробная площадь 3). На разном расстоянии от берега измерялась скорость ветра с помощью термоанемометра LV-110. Скорость ветра и амплитуда ее колебаний снижаются от берега моря в глубь приморских березовых насаждений. Это изменение носит постоянный и неравномерный характер, зависит от свойств береговой линии, расположения пробной площади. Наибольшая скорость ветра наблюдается на мысу, несколько меньшая на открытом берегу и самая малая – в куту залива. Во всех изученных местах скорость ветра быстро снижается до минимальной, особенно на первых десятках метров березовых насаждений. Березовое криволесье гасит скорость ветра до минимальной на расстоянии около 50 м от берега и защищает от ветра фитоценозы внутренней части острова.

**Ключевые слова:** березовые криволесья, береза извилистая, скорость ветра, остров Большой Соловецкий, расстояние от опушки, ветрозащитные древостой

**Благодарности:** Исследования выполнены в рамках государственного задания Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лавёрова УрО РАН (№ государственной регистрации – 122011400384-2).

© Соболев А.Н., Феклистов П.А., Попова Л.Ф., 2022



Статья опубликована в открытом доступе и распространяется на условиях лицензии CC BY 4.0

*Для цитирования:* Соболев А.Н., Феклистов П.А., Попова Л.Ф. Ветрозащитная роль березового криволеся на Большом Соловецком острове // Изв. вузов. Лесн. журн. 2022. № 4. С. 91–100. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-4-91-100>

Original article

## Windproof Role of Birch Crooked Forests on Bolshoy Solovetsky Island

*Aleksandr N. Sobolev*<sup>1</sup>, Candidate of Agriculture, Senior Research Scientist; ResearcherID: [AAS-3366-2020](https://orcid.org/0000-0002-7961-8318), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7961-8318>  
*Pavel A. Feklistov*<sup>2</sup>, Doctor of Agriculture, Prof.; ResearcherID: [AAC-2377-2020](https://orcid.org/0000-0001-8226-893X), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8226-893X>  
*Ludmila F. Popova*<sup>3</sup>, Doctor of Biology, Prof.; ResearcherID: [W-4158-2018](https://orcid.org/0000-0003-1650-6797), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1650-6797>

<sup>1</sup>Solovetsky Museum-Reserve, pos. Solovetsky, Primorskiy District, Arkhangelsk Region, 163000, Russian Federation; alex-sobol@mail.ru

<sup>2</sup>N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 23, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; pfeklistov@yandex.ru

<sup>3</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; lf.popova@narfu.ru

Received on October 1, 2020 / Approved after reviewing on January 11, 2021 / Accepted on January 13, 2021

**Abstract.** Birch crooked forests, consisting mainly of twisted birch (*Betula tortuosa* Ledeb.) with patches of downy birch (*Betula pubescens* Ehrh.) and a single presence of spruce, willow, and aspen are windproof natural communities along the shoreline of Bolshoy Solovetsky Island. They cover the island from the East, West and South with a width of tens to hundreds of meters and only in the North they alternate with pine trees and protect the internal forest phytocenoses from wind loading and windfall. The research aims at revealing the windproof role of birch crooked forests. The work was carried out at 3 points along the shoreline on trial plots, within which transects were laid out perpendicular to the shoreline (a total of 41 transects). Blueberry birch (2 trial plots) and cranberry birch (1 trial plot) forest types were studied. Trial plots and transects, respectively, were laid out in different conditions in terms of coast indentation: in the bayhead of a semi-open bay (trial plot 1), protected from wind action (blind bay end); on a cape of the seashore (trial plot 2), which is exposed to significant wind loading; on a relatively smooth shoreline (trial plot 3). Wind speed was measured at different distances from the shore using the anemometer LV 110. The wind speed and the amplitude of its fluctuations decrease from the shore towards the coastal birch plantations. This change has a constant and irregular character and depends on the properties of the shoreline and the trial area location. The highest wind speed is observed on the cape, somewhat lower on the open shore, and the lowest in the bayhead. In all the studied areas the wind speed rapidly decreases to the minimum, especially in the first tens of meters of birch plantations. The birch crooked forest dampens the wind speed to a minimum at a distance of about 50 m from the shore and protects phytocenoses of the inner part of the island from the wind.

**Keywords:** birch crooked forests, *Betula tortuosa*, wind speed, Bolshoy Solovetsky Island, distance from forest edge, windproof stands

**Acknowledgements:** The studies were carried out within the framework of the state assignment of the N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research UrB RAS (state registration No. 122011400384-2).

**For citation:** Sobolev A.N., Feklistov P.A., Popova L.F. Windproof Role of Birch Crooked Forests on Bolshoy Solovetsky Island. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2022, no. 4, pp. 91–100. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-4-91-100>



### Введение

Деревья, произрастающие вдоль береговой линии моря, испытывают интенсивную ветровую нагрузку и изменяются под ее воздействием: приобретают низкорослую, стелющуюся или кривоствольную форму, кроны деформируются, нередко становятся однобокими [4, 22 и др.] Формируя приморские редколесья и криволесья, эти деревья снижают скорость ветра, уменьшают его негативное воздействие на природную среду, выполняют ветрозащитную функцию [2], предотвращают ветровалы [1] и в целом играют важную экологическую роль [10]. На снижение скорости ветра прибрежными древостоями до минимальной неоднократно указывалось в литературе как на фактор, препятствующий ветровалам и буреломам, избыточному испарению воды, способствующий сохранению правильной формы поперечного сечения ствола других древостоев [7, 8, 12, 19, 21, 23, 24 и др.].

Одним из таких ветрозащитных природных сообществ береговой линии Соловецкого архипелага являются березовые криволесья, состоящие преимущественно из березы извилистой (*Betula tortuosa* Ledeb.) с вкраплениями березы пушистой (*B. pubescens* Ehrh.) и единичным присутствием ели, ивы, осины. Они охватывают Большой Соловецкий остров с востока, запада и юга, занимая прибрежную территорию на ширину от десятков до 500 м (рис. 1), и лишь на севере чередуются с сосняками.



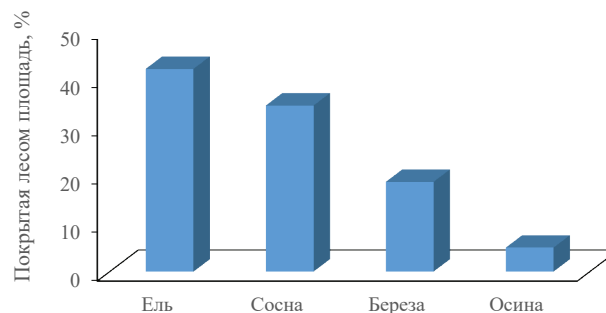
Рис. 1. Криволесья из березы извилистой

Fig. 1. *Betula tortuosa* crooked forests

Не исключено, что именно благодаря этим ветрозащитным фитоценозам сформировался породный состав внутренних частей острова. Леса на Соловках образованы преимущественно елью сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), осиной (*Populus tremula* L.), березами пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.) и извилистой (*B. tortuosa* Ledeb.). Преобладают ельники и сосняки (76,4 % лесопокрытой площади) [6] черничных типов [20] (рис. 2). Доля березняков составляет лишь 18,6 % площади, причем сюда входят и береза извилистая, и береза пушистая. Фитоценозы березы извилистой приурочены к побережью, а береза пушистая произрастает в ельниках и реже – в сосняках.

Рис. 2. Распределение преобладающих пород по покрытым лесом землям

Fig. 2. Distribution of predominant species over forested lands



Соловки входят в Список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО. Исследование природы Соловецких островов является важной задачей [14]. Лесные массивы архипелага относятся к защитным, имеющим историческое и научное значение.

Цель исследования – выявить ветрозащитную роль березняков побережья Соловецких островов.

#### Объекты и методы исследования

Исследования выполняли в березовых насаждениях кривоствольной формации, представленных березой извилистой (*Betula tortuosa* Ledeb.) и кривоствольной формой березы пушистой (*B. pubescens* Ehrh.), а также их гибридами, расположенными по побережью Большого Соловецкого острова. Березовые криволесья чистые по составу или с незначительной примесью других пород. Высота деревьев небольшая, очень стабильная и составляет 5–10 м, диаметр – до 10–12 см, густота достаточно значительная, типы условий местопроизрастания – черничный (пробные площади (ПП) 1 и 3) и брусничный (ПП 2), зеленомошная группа типов леса. Относительная полнота древостоев – 0,6–0,7, возраст – 70–80 лет, бонитет – V–Va.

Оценку изменения скорости ветра по мере удаления от берега моря проводили в 3 насаждениях (рис. 3): в куту полукрытого залива (ПП 1), защищенного от ветрового воздействия (конец глухого залива); на мысу морского побережья (ПП 2), испытывающего значительную ветровую нагрузку; на сравнительно ровной береговой линии (ПП 3), которая по влиянию ветра занимает промежуточное положение по отношению к двум другим ПП.

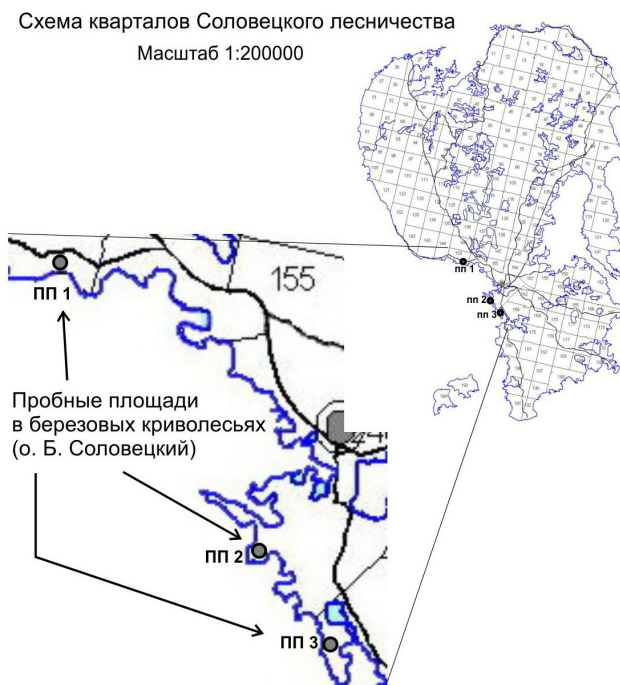


Рис. 3. Места закладки пробных площадей и трансект

Fig. 3. Places of laying out trial plots and transects

Скорость ветра определяли на непровешенных ходовых линиях (трансектах) [9, 15, 16, 18], проложенных на расстоянии 10 м друг от друга (максимальная высота древостоя) перпендикулярно побережью: на ПП 1 – 17 трансект, на ПП 2 – 6, на ПП 3 – 18. Измерения выполняли по мере удаления

от берега моря: на границе суши и моря (открытое пространство); на опушке леса (0 м); на расстоянии 10, 30, 50 и 65–100 м от опушки в глубь леса. Скорость ветра устанавливали при помощи термоанемометра LV-110 с точностью до 0,01 м/с на высоте 2 м в многократной (до 30–60 раз) повторности в каждой точке. Таксацию древостоя проводили с учетом рекомендаций И.И. Гусева [5] и «Полевого лесотаксационного справочника» [13]; определение типа леса – с учетом рекомендаций В.Н. Сукачева и С.В. Зонна [17]. Статистическую обработку материала выполняли в соответствии с [3, 11].

### Результаты исследования и их обсуждение

Расчет средних значений скорости ветра на разных расстояниях от берега моря (см. таблицу) показал, что все значения достоверны для уровня значимости 0,01: расчетный критерий Стьюдента значительно больше табличного и колеблется от 11,0 до 49,2. Точность опыта составляет 2,1–9,9 %.

#### Скорость ветра в березовых криволесьях по мере удаления от берега моря Wind speed in birch crooked forests with increasing distance from the seashore

Показатель	Берег моря	Опушка (0 м)	Расстояние от опушки, м			
			10	30	50	65–100
<i>III 1</i>						
Скорость на трансектах, м/с	0,57–4,50	0,49–3,47	0,34–2,89	0,27–2,41	0,33–1,36	0,25–0,96
Средняя скорость, м/с	1,72	1,19	0,87	0,85	0,70	0,48
Стандартное отклонение, м/с	0,63	0,50	0,30	0,30	0,26	0,29
Основная ошибка, м/с	0,10	0,08	0,05	0,05	0,04	0,05
Коэффициент изменения, %	45,8	55,0	47,6	48,9	45,4	61,6
Достоверность	17,3	13,8	16,9	17,6	19,2	11,0
Точность, %	7,2	8,5	7,7	8,1	7,1	9,9
Максимальная скорость, м/с	7,50	6,20	4,10	3,40	3,80	2,68
<i>III 2</i>						
Скорость на трансектах, м/с	0,50–3,32	0,54–3,84	0,55–4,09	0,56–3,57	0,64–2,86	0,40–1,65
Средняя скорость, м/с	2,14	2,07	2,00	1,89	1,49	0,93
Стандартное отклонение, м/с	0,38	0,33	0,24	0,33	0,22	0,13
Основная ошибка, м/с	0,06	0,05	0,04	0,05	0,04	0,02
Коэффициент изменения, %	19,6	16,2	13,1	19,4	16,9	14,8
Достоверность	34,5	40,3	49,2	35,0	40,2	44,1
Точность, %	3,1	2,6	2,1	3,2	2,7	2,4
Максимальная скорость, м/с	4,50	4,90	5,40	4,50	3,60	2,10
<i>III 3</i>						
Скорость на трансектах, м/с	0,92–5,03	0,61–5,42	0,53–3,69	0,50–1,90	0,40–0,99	0,38–0,82

Окончание таблицы

Показатель	Берег моря	Опушка (0 м)	Расстояние от опушки, м			
			10	30	50	65–100
Средняя скорость, м/с	2,13	1,86	1,39	0,88	0,60	0,54
Стандартное отклонение, м/с	0,65	0,57	0,38	0,26	0,19	0,17
Основная ошибка, м/с	0,12	0,10	0,07	0,05	0,03	0,03
Коэффициент изменения, %	38,9	38,8	33,0	32,8	30,7	30,1
Достоверность	18,6	19,8	22,5	20,7	22,8	21,5
Точность, %	7,1	7,0	6,0	6,0	5,6	5,5
Максимальная скорость, м/с	6,40	6,20	5,40	2,46	2,04	1,76

Анализ таблицы выявляет следующее. Скорость ветра – величина изменчивая. Наименьшей изменчивостью она характеризуется на мысу. Коэффициент изменчивости колеблется на разных расстояниях от берега в пределах 13,1...19,6 %: на открытом берегу от 30,1 до 38,9 %; в куту от 45,4 до 61,6 %. Порывы ветра в среднем больше также в куту – 7,5 м/с. На открытом берегу скорость ветра достигает 6,4 м/с, на мысу она составляет лишь 4,5 м/с. То есть скорость ветра наиболее стабильна на мысу и, наоборот, в куту – казалось бы в замкнутом пространстве – ветровой режим наиболее изменчив.

Первые 10 м березового криволесья гасят ветер в куту и на открытом берегу практически одинаково, снижая его соответственно на 27 и 26 % по отношению к опушке леса, на мысу – только на 4 %. На максимальном расстоянии от опушки (65–100 м) скорость ветра гасится в куту на 60, на открытом берегу на 71, а на мысу только на 45 %.

В целом скорость ветра по направлению от морского побережья в глубь березового лесного фитоценоза неравномерна и характеризуется постоянным снижением. На расстоянии до 65–100 м от берега моря она уменьшилась в 2–4 раза (в среднем с 1,72–2,14 до 0,48–0,93 м/с) по сравнению с побережьем.

Сопоставление изменения скорости ветра в различных по свойствам береговой линии березовых криволесьях позволило установить (рис. 4) более медленное и сравнительно небольшое снижение скорости ветра в насаждениях на мысу на всем их протяжении (96,7–43,4 % от скорости ветра на берегу моря). В куту залива снижение скорости ветра более резкое с самого начала и значительное по всему древостоя (69,3–28,2 %). На открытом берегу – более медленное на опушке и на 10 м от нее (87,2–65,3 %), чем в куту залива (69,3–50,5 %). Начиная с расстояния от берега 30 м темпы снижения, наоборот, становятся немного более резкими: 41,2–25,1 % на открытом берегу и 49,5–28,2 % в куту залива.

Влияние березового криволесья на скорость ветра удобнее проследить на ПП 3. Она располагается на сравнительно ровной береговой линии и на скорость ветра не оказывают влияния завихрения, связанные с расположением на мысу или в глубине залива, ветер полностью поглощается березняком. Здесь на опушке значения скорости ветра имеют большой разброс на разных трансектах, но по мере углубления в березняк амплитуда резко уменьшается (рис. 5).

Ветер гасится березовым криволесьем очень быстро. На расстоянии около 50 м от берега скорость ветра становится минимальной и стабилизируется.

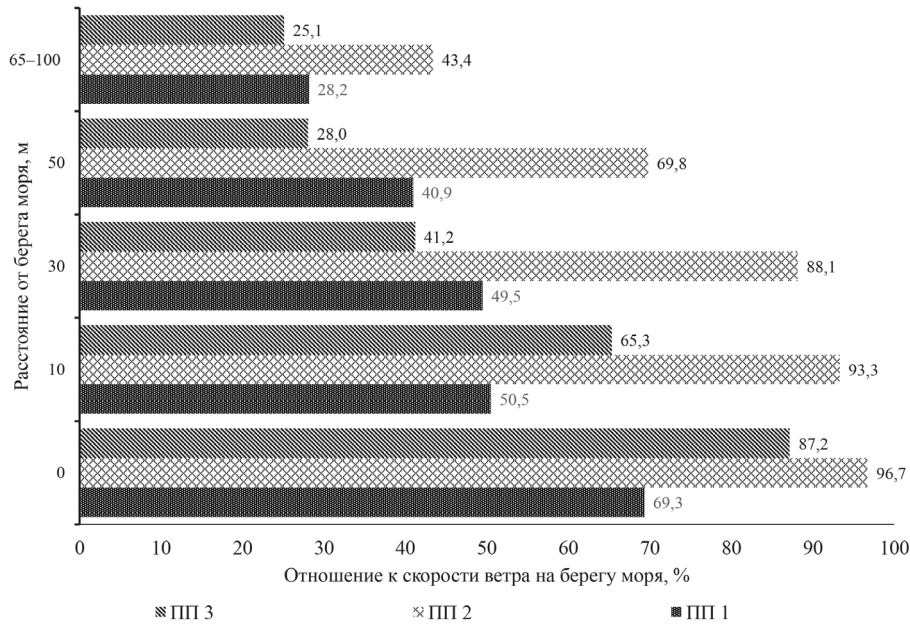
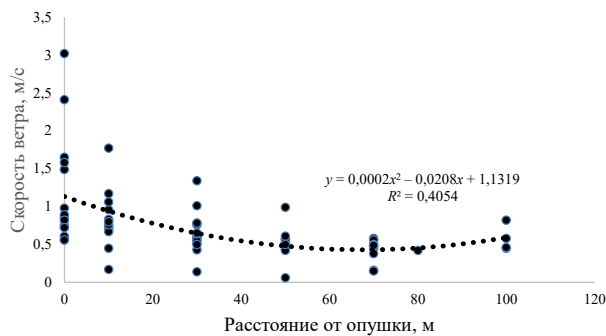


Рис. 4. Изменение скорости ветра в различных по условиям березняках по отношению к скорости ветра на берегу моря

Fig. 4. Wind speed change in birch forests of different conditions in relation to the wind speed on the seashore

Рис. 5. Изменение скорости ветра на разном расстоянии от опушки (ПП 3, точки – среднее по трансекте)

Fig. 5. Wind speed change at different distances from the forest edge (trial plot ПП 3, points – average along the transect)



**Выводы**

1. Скорость ветра и амплитуда ее колебаний снижаются от берега моря в глубь приморских березовых насаждений. Это изменение носит постоянный характер, но зависит от свойств береговой линии. Березовые криволесья защищают от ветра фитоценозы внутренней части острова.

2. Наибольшая скорость ветра наблюдается на мысу, несколько меньшая на открытом берегу и самая малая – в куту залива. Во всех изученных местах скорость ветра быстро снижается до минимальной, особенно на первых десятках метров березовых насаждений.

3. Березовое криволесье гасит скорость ветра до минимальной на расстоянии около 50 м от берега моря.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Алесенков Ю.М., Андреев Г.В., Иванчиков С.В., Белов Л.А., Чермных А.И. О влиянии ветровала на соотношение диаметров и высот в длительно-производном березняке хвощово-вейниковом // Леса России и хозяйство в них. 2019. № 3(70). С. 48–58.  
Alesenkov Yu.M., Andreev G.V., Ivanchikov S.V., Belov L.A., Chermnykh A.I. About Influence of Windfall to Correlation Between Diameter and Height in Long-Term Secondary Horse-Tail and Reed-Grass Birch Stand. *Forests of Russia and economy in them*, 2019, no. 3(70), pp. 48–58. (In Russ.).
2. Ахмиева Р.Б. Ветрозащитные лесные насаждения и их роль в снижении неблагоприятных климатических явлений // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. ст. VIII Междунар. науч.-практ. конф.: в 4 ч. Ч. 1. Пенза: Наука и Просвещение, 2017. С. 200–202.  
Ahmieva R.B. Vetrosaschitnye Forest Plantations and Their Role in the Reduction of Adverse Climatic Phenomena. *Fundamental and Applied Scientific Research: Current Issues, Achievements and Innovations: Collection of Academic Papers of the VIII International Scientific Conference*: In 4 Parts. P. 1. Penza, Nauka i Prosveshcheniye Publ., 2017, pp. 200–202. (In Russ.).
3. Бондаренко А.С., Жигунов А.В. Статистическая обработка материалов лесоводственных исследований. СПб.: Политехн. ун-т, 2016. 125 с.  
Bondarenko A.S., Zhigunov A.V. *Statistical Processing of Forest Research Materials*. Saint-Petersburg, SPbSTU Publ., 2016. 125 p. (In Russ.).
4. Горышина Т.К. Экология растений. М.: Высш. шк., 1979. 386 с.  
Goryshina T.K. *Ecology of Plants*. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1979. 386 s. (In Russ.).
5. Гусев И.И. Таксация древостоя. Архангельск: АГТУ, 2000. 71 с.  
Gusev I.I. *Valuation of a Forest Stand*. Arkhangelsk, ASTU Publ., 2000. 71 s. (In Russ.).
6. Ипатов Л.Ф., Косарев В.П., Проурзин Л.И., Торхов С.В. Соловецкий лес. Архангельск, 2005. 225 с.  
Ipatov L.F., Kosarev V.P., Prourzin L.I., Torkhov S.V. *Solovetsky Forest*. Arkhangelsk, 2005. 225 p. (In Russ.).
7. Кищенко И.Т. Лесоведение. Петрозаводск: ПетрГУ, 2010. 452 с.  
Kishchenko I. *Forest Science*. Petrozavodsk, PertSU Publ., 2010. 452 p. (In Russ.).
8. Мелехов И.С. Лесоведение. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 407 с.  
Melekhov I.S. *Forest Science*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1980. 407 p. (In Russ.).
9. Мозолева Е.Г., Катаев О.А., Соколова Э.С. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 152 с.  
Mozolevskaya E.G., Katayev O.A., Sokolova E.S. *Methods of Forest Pathology Examination of Foci of Stem Pests and Forest Diseases*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1984. 152 p. (In Russ.).
10. Незавитин А.Г., Таран И.В., Бокова Т.И., Логинов С.И., Наплекова Н.Н., Осинцева Л.А., Чемерис М.С. Экологическая роль лесов в Сибири // Вестн. НГАУ. 2015. № 3(36). С. 43–53.  
Nezavitin A.G., Taran I.V., Bokova T.I., Loginov S.I., Naplekova N.N., Osintseva L.A., Chemeris M.S. Ecological Role of Forests in Siberia. *Bulletin of NSAU*, 2015, no. 3(36), pp. 43–53. (In Russ.).



11. Никитин К.Е. Методы и техника обработки лесоводственной информации. М.: Лесн. пром-сть, 1978. 270 с.  
Nikitin K.E., Shvidenko A.Z. *Methods and Techniques for Processing Forestry Information*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1978. 270 p. (In Russ.).
12. Погребняк П.С. Общее лесоводство. М.: Книга по Требованию, 2012. 440 с.  
Pogrebnyak P.S. *General Forest Science*. Moscow, Kniga po Trebovaniyu Publ., 2012. 440 p. (In Russ.).
13. Полевой лесотаксационный справочник / под общ. ред. С.В. Третьякова, С.В. Ярославцева, С.В. Коптева. Архангельск: САФУ, 2016. 252 с.  
*Field Forest Inventory Handbook*. Ed. by S.V. Tretyakov, S.V. Yaroslavtsev, S.V. Koptev. Arkhangelsk, NArFU Publ., 2016. 252 p. (In Russ.).
14. Природная среда Соловецкого архипелага в условиях меняющегося климата / под ред. Ю.Г. Шварцмана, И.Н. Болотова. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 184 с.  
*Natural Environment of the Solovetsky Archipelago in a Changing Climate*. Ed. by Yu.G. Shvartsman, I.N. Bolotov. Yekaterinburg, UrB RAS Publ., 2007. 184 p. (In Russ.).
15. Соболев А.Н., Феклистов П.А. Изменчивость микроклимата в лесных насаждениях Соловецкого архипелага // Arctic Environmental Research. 2017. Т. 17, № 3. С. 245–254.  
Sobolev A.N., Feklistov P.A. Microclimate Variability in Forest Stands of the Solovetsky Archipelago. *Arctic Environmental Research*, 2017, vol. 17, no. 3, pp. 245–254. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn2541-8416.2017.17.3.245>
16. Соболев А.Н., Феклистов П.А. Изменение скорости ветра и освещенности в березовых насаждениях на морском побережье (Белое море, остров Б. Соловецкий) // Экология и природопользование: прикладные аспекты: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. Уфа: Аэтерна, 2018. С. 310–314.  
Sobolev A.N., Feklistov P.A. Changes in Wind Speed and Illumination in Birch Stands on the Sea Coast (White Sea, B. Solovetsky island). *Ecology and Environmental Management: Applied Aspects. Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference*. Ufa, Aeterna Publ., 2018, pp. 310–314. (In Russ.).
17. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. 2-е изд., перераб. и доп. М.: АН СССР, 1961. 144 с.  
Sukachev V.N., Zonn S.V. *Methodological Guidelines for the Study of Forest Types*. Moscow, AN SSSR Publ., 1961. 144 p. (In Russ.).
18. Тальман П.Н., Катаев О.А. Методы лесоэнтомологических обследований. Л.: ВЗЛТИ, 1964. 120 с.  
Tal'man P.N., Katayev O.A. *Methods of Forest-Entomological Surveys*. Leningrad, VZLTI Publ., 1964. 120 p. (In Russ.).
19. Тихонов А.С. Лесоведение. 2-е изд. Калуга: ГП Облиздат, 2011. 332 с.  
Tikhonov A.S. *Forest Science*. Kaluga, GP Oblizdat, 2011. 332 p. (In Russ.).
20. Феклистов П.А., Соболев А.Н. Лесные насаждения Соловецкого архипелага (структура, состояние, рост). Архангельск: САФУ, 2010. 201 с.  
Feklistov P.A., Sobolev A.N. *Forest Stands of the Solovetsky Archipelago (Structure, State, Growth)*. Arkhangelsk, NArFU Publ., 2010. 201 p. (In Russ.).
21. Majunke C., Matz S., Müller M. Sturmschäden in Deutschlands Wäldern von 1920 bis 2007. *AFZ-DerWald*, 2008, Nr. 63, S. 380–381. (In Ger.).
22. Schweingruber F.H. *Jahrringe und Umwelt – Dendroökologie*. Birmensdorf, Switzerland, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 1993. 474 S. (In Ger.).

23. Thomasius H., Schmidt P.A. *Wald, Forstwirtschaft und Umwelt*. Bonn, Economica, 1996. 435 S. (In Ger.).

24. Thomasius H.O., Butter D. Studie zueinigen Relationen zwischen Wuchsflaeche, Zuwachs und individueller Stabilitaet von Waldbaeumen, dargestellt an der Baumart Fichte. *Beitraege f. d. Forstwirtschaft*, 1984, B. 18, H. 1, S. 25–28. (In Ger.).

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

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

---

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