



БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХВОИ ПОДРОСТА СОСНЫ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО НА ГАРИ

Анатолий В. Грязькин¹, ✉ lesovod@bk.ru, 0000-0002-3497-9312

Ольга И. Гаврилова², ogavrill@mail.ru, 0000-0002-1717-3085

¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», Институтский пер, 5, литер У, г. Санкт-Петербург, 194021, Россия

²ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», пр. Ленина, 33, г. Петрозаводск, 185096, Россия

Продуктивность растений определяется эффективностью работы ассимиляционного аппарата, которая зависит от режима освещенности и почвенно-грунтовых условий. Особенно важно это учитывать на месте бывших лесных земель после пожаров. Исследование продуктивности площади гари после пожара проводилось на месте сосняков скальных, через 14 лет после пожара. Исследуемая площадь – 5,3 га. Изучали состояние живого напочвенного покрова (21 вид), подлеска (7 видов) и подроста основных лесообразующих пород (4 вида). Максимальная освещенность на объекте исследования в полдень составляет 23 тыс. люкс, а под пологом – на 44 % меньше. Почвенный покров на скальных обнажениях в стадии формирования. На примере подроста сосны показана вариабельность биометрических характеристик хвои. Установлено, что длина хвои и масса зависят от высоты подроста. От возраста подроста зависимость менее выражена. Длина хвои 12-54 мм, масса 100 хвоинок – 0,17-1,43 г. Важным фактором, определяющим биометрические характеристики хвои, является освещенность. Кроме того, чередование микропонижений, оголенных скальных выходов, трещин и выступов определяет условия произрастания, которые также определяют успешность формирования зеленой массы подроста сосны.

Ключевые слова: гарь, сосняк скальный, подрост сосны, длина и масса хвои.


Благодарности: авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.


Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Грязькин А. В. Биометрические характеристики хвои подроста сосны, произрастающего на гари / А. В. Грязькин, О. И. Гаврилова // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 12. – № 1 (45). – С. 21–31. – Библиогр.: с. 29–31 (14 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.1/2>.

Поступила: 28.12.2021 **Принята к публикации:** 10.03.2022 **Опубликована онлайн:** 01.04.2022

BIOMETRIC CHARACTERISTICS OF PINE NEEDLES GROWING ON BURNED-OUT AREA

Anatoly V. Gryazkin ✉, lesovod@bk.ru, 0000-0002-3497-9312 

Olga I. Gavrilova, ogavril@mail.ru,  0000-0002-1717-3085

¹*FGBOU VO St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov, Institutsky lane, 5, letter U, St. Petersburg, 194021, Russian Federation*

²*Petrozavodsk State University, Lenin Ave., 33, Petrozavodsk, 185096, Russia*

Abstract

The productivity of plants is determined by the efficiency of the assimilation apparatus, which depends on the mode of light and soil conditions. It is especially important to take this into account on the site of former forest lands after fires. The study of the productivity of the burning area after the fire was carried out on the site of rocky pine forests, 14 years after the fire. The study area is 5.3 hectares. The condition of living ground cover (21 species), and undergrowth of the main forest-forming species was studied. The maximum light at the research object, there was a forest fire in 2006, at noon is 23 thousand lux, and under the canopy – 44% less. Soil cover on rock outcrops in the formation stage. The variability of biometric characteristics of needles is shown on the example of young generation of pine. It was found that the length of the needles and the weight depend on the height of the young generation of pine. The dependence on the age of the young generation of pine is less pronounced. The length of the needles is 12-54 mm, the weight of the 100 needles is 0.17-1.43 g. An important factor determining the biometric characteristics of needles is light. In addition, the alternation of micro-depressions, exposed rock outcrops, cracks and protrusions determine the growing conditions, which also determine the success of the formation of a green mass of pine undergrowth

Keywords: *the burned-out area, rock pine, the young generation of pine, length and weight of needles*

Acknowledgments: The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Gryazkin A. V., Gavrilova O. I. (2021) Biometric characteristics of pine needles growing on burned-out area. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forest Engineering journal], Vol. 12, No. 1 (45), pp. 21-31 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.1/2>.

Received: 28.12.2021 **Revised:** 03.02.2022 **Accepted:** 10.03.2022 **Published online:** 01.04.2022

Введение

Лесные пожары наносят существенный экономический и экологический ущерб [9, 12]. При пожарах сгорает живой напочвенный покров, подрост и подлесок, обгорают стволы и корни деревьев, в почве погибают микроорганизмы и сгорает органическое вещество. Позднее на ослабленных деревьях поселяются энтомовредители, в итоге происходит вываливание деревьев [1, 10, 12].

Климат Республики Карелия – умеренно-континентальный, с чертами морского [1, 4]. Осадков выпадает около 600-700 мм/год, и в целом

опасность возникновения пожаров не столь высока. Однако в 2021 году в июне выпало от 6 до 12 % месячной нормы, в июле от 3 до 20 %, в ряде районов осадков не было совсем. Площадь сгоревшего леса в 2021 году составила 1300 га при 50-200 га в среднем за последние годы. В связи с процессами потепления климата возникает реальная опасность увеличения количества лесных пожаров, особенно в местах массового отдыха населения. Лесные пожары отрицательно воздействуют на биоту, и особенно в экстремальных условиях, в условиях недостаточного увлажнения – в сухих сосняках [1, 4, 8,

11]. Площадь сосняков скальных и лишайниковых в отдельных районах Карелии достигает 10 %, а сосняков брусничных значительно больше – до 50 % [1, 3]. Сохранение ценных лесов на сухих почвах является важной и сложной задачей, поскольку процесс восстановления лесов после пожаров в этих условиях связан с медленным накоплением органического вещества, развитием эрозии на скальниках и антропогенным воздействием [1, 2, 3, 8, 11]. Для объективной оценки продуктивности восстанавливающихся лесов следует изучить качество ассимиляционного аппарата, который является основой всех физиологических процессов в растениях [5, 6, 7, 13, 14]. Характеристики древостоя и морфологические особенности растений зависят от режима освещенности, возраста растений и особенностей биогеоценоза [1, 2, 6].

Цель исследования – выявление закономерностей изменения биометрических показателей хвои подроста сосны, произрастающего на месте сгоревшего сосняка скального.

Материалы и методы

Объектами исследований послужили постпирогенные площади 10-15-летней давности на месте бывших сосняков скальных (южная Карелия) на восток от Онежского озера. Почвенно-грунтовые условия представлены органоминеральным горизонтом со слаборазложившимся опадом, толщина слоя которого варьирует от 0 до 5-7 см по микропонижениям, которые чередуются с гранитными обнажениями различной площади, вытянутыми с юго-запада на северо-восток.

Растительность представлена подростом из основных древесных пород, подлеском, травяно-кустарничковым и мохово-лишайниковым ярусами. Последствиями низового пожара явились массовый ветровал и усыхание деревьев всех пород. Для изучения качественных и количественных характеристик ассимиляционного аппарата сосны определяли густоту охвоения побегов, длину и массу 100 хвоинок с предварительным подсушиванием ее до воздушно-сухого состояния [5, 6, 13, 14]. С каждого модельного растения подроста сосны отбирали побеги с хвоей, после этого каждую модельную ветку расчленили на побеги по годам формирования и из каждого годичного прироста отбирали по три

навески хвои для дальнейшего исследования. При этом хвою с боковых и центральных побегов учитывали отдельно. Для повышения точности исследований с каждой модели отбирали по три навески из хвои каждого года формирования на боковых и центральных побегах. Из каждой группы по высоте отбирали не менее трех моделей подроста сосны [6, 13].

При проведении исследований наряду с указанными выше критериями при выборе моделей и образцов хвои соблюдали дополнительные условия: отбирать одновозрастные экземпляры, среднюю пробу формировать из нескольких экземпляров, проводить отбор проб из одинаковых частей кроны по высоте и по всей ее окружности.

Результаты и обсуждение

При оценке условий произрастания исследуемых молодняков на гари было выявлено, что на скальных выходах среди растений напочвенного покрова встречались в основном ксерофиты: кладонии и политрихум можжевельниковый, кошачья лапка, луговик извилистый и т.д. Кислотность почвы оценивали по растениям-индикаторам: встречаются вейник наземный, иван-чай узколистный. Почвы преимущественно ацидофил-нейтральные (рН = 4,5-7,0). Трофность почвы на гари характеризуют брусника, лишайники.

Данные, представленные в табл. 1, свидетельствуют о том, что почвы на объекте исследования характеризуются недостатком питательных веществ и влаги (преобладают олигофиты и ксерофиты). Почвенный покров на объекте исследования представлен локальными пятнами и формируется преимущественно по микропонижениям.

В составе подлеска встречается несколько видов. Преобладают рябина обыкновенная и ива козья. Общая численность подлесочных пород на объекте исследования достигает 1500 экз./га. Основная часть подлеска произрастает по микропонижениям (в местах накопления органического вещества после пожара). Средняя высота кустарникового яруса составляет около 0,6 м (табл. 2). С учетом характеристик подлеска, можно предположить, что этот компонент леса не оказывает существенного конкурентного влияния на рост и развитие подроста сосны.

Таблица 1

Состав и встречаемость (В) видов живого напочвенного покрова пород на объекте исследования

Table 1

Composition and frequency(F) of species of living ground cover at the object of study

Название вида/ Type name	В/F, %
Брусника – <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	21
Вейник лесной – <i>Calamagrostis</i> (L.) ROTH,	14
Вереск обыкновенный – <i>Calluna vulgaris</i> (L.) HULL.	57
Дикранум гладкожилковый – <i>Dicranum leioneuron</i> KINDB.	24
Дикранум многоножковый, волнистый – <i>Dicranum polysetum</i> Sw.	17
Иван-чай узколистый – <i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) SCOP.	33
Исландский мох – <i>Cetraria islandica</i> (L.) Ach.	14
Кладония лесная – <i>Cladonia sylvatica</i> (L.) Hoffm.	7
Кладония оленья — <i>Cladonia rangiferina</i> (L.) WEBER ex F. H. WIGG.	30
Кошачья лапка (очиток) двудомная – <i>Antennaria dioica</i> (L.) GAERTN.	7
Луговик извилистый - <i>Deschampsia caespitosa</i> Goldtau.	10
Марьяник лесной – <i>Melampyrum sylvaticum</i> L.	24
Ожика волосистая — <i>Luzula pilosa</i> (L.) WILLD.	21
Осока заячья – <i>Carex leporina</i> L.	14
Осока приземистая – <i>Carex supina</i> Willd. ex Wahlenb.	17
Плевроциум Шребера – <i>Pleurozium schreberi</i> (WILLD. ex BRID.) MITT.	7
Политрих можжевельный – <i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.	90
Ритидиладельфус – <i>Hylocomiadelphus triquetrus</i> (Hedw.) Ochyra & Stebel	3
Щавель малый, щавелек – <i>Rumex acetosella</i> L.	27
Щучка дернистая – <i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P.BEAUV.	21
Ястребинка обыкновенная (волосистая) – <i>Pilosella officinarum</i> F.W.SCHULTZ & SCH.BIP.	17

Источник: собственные экспериментальные данные

Source: own experimental data

Таблица 2

Виды и численность подлесочных пород на гари

Table 2

Types and quantity of understory species on burned-out area

Название вида /Type name	Численность, экз./га Quantity, ex./ha	Средняя высота, см Average height, cm
Ива козья - <i>Salix caprea</i> L.	332	170
Ива ушковая - <i>Salix aurita</i> L.	133	33
Можжевельник обыкновенный - <i>Juniperus communis</i> L.	267	62
Рябина обыкновенная - <i>Sorbus aucuparia</i> L.	332	112
Шиповник собачий - <i>Rosa canina</i> L.	267	41
Калина обыкновенная - <i>Viburnum opulus</i> L.	100	31
Ирга круглолистная - <i>Amelanchier ovalis</i> MEDIK.	33	55
Итого	1464	

Источник: собственные экспериментальные данные

Source: own experimental data

Подлесок в основном произрастает единичными особями. Исключение составляют ивы кустарниковые и калина, которые в микропонижениях произрастают небольшими группами (калина) или мелкими куртинами (ивы кустарниковые). В составе лесообразующих пород, кроме сосны обыкновенной, встречаются береза бородавчатая, осина и ольха серая.

Из данных, представленных в табл. 3, следует, что неблагоприятные почвенные условия в наибольшей степени сказываются на подросте осины – доля сухостоя превышает 64 %. В целом на гари доля сухостоя с учетом всех лесообразующих пород составила более 23 %, что свидетельствует об экстремальных условиях для роста и развития древесных растений.

В табл. 4 представлены основные биометрические характеристики подроста сосны, отобранного в качестве модельных экземпляров. В зависимости от местоположения моделей (степени освещенности, почвенно-грунтовых условий, наличия соседних деревьев и других факторов) ширина кроны и ее протяженность варьируют в широких пределах. Подрост, произрастающий в тени, имеет большой диаметр кроны (часто равный высоте подроста – модели 18 и 19), значительно превышающий ее протяженность. Такой подрост имеет характерную зонтиковидную форму кроны. Для моделей, произрастающих на освещенном месте, характерна большая протяженность кроны, более 80 % от общей высоты моделей (модель 12).

На открытом месте освещенность в полдень составляет около 23 тыс люкс. При этом отражается менее 1000 люкс. Под кронами деревьев верхнего яруса освещенность снижается до 13 тыс. люкс, отражается – 0,7 тыс. люкс. Разброс значений освещенности значительный – от 3 тыс. до 27 тыс. люкс. По высоте модели подроста сосны представляют ряд от 9 до 335 см, а по возрасту – от 3 до 15 лет. Основная часть моделей (7 из 23) имеют возраст 12 лет, что соответствует первому урожайному году сосны после пожара (14 лет назад). Протяженность кроны отобранных моделей составляет от 40 до 85 % от высоты модельного дерева. Из отобранных 23 моделей подроста сосны для половины из них были установлены только основные биометрические характе-

ристики – высота, возраст, прирост по высоте. Охвоенность побегов определяли на моделях 1-12. Для моделей 11-23, а также № 2 установлены масса и длина хвои.

Охвоенность побегов, как и другие биометрические показатели, характеризуется определенной вариабельностью. Меньше всего варьирует охвоенность побегов текущего вегетационного периода (2020 года), независимо от высоты подроста. Максимальная густота охвоения составляет 11,8 хвоинок на 1 см длины побега, минимальная – 6,2. Это зависит в первую очередь от режима освещенности. Второй фактор, определяющий различия по охвоению побегов, – возраст хвои (год формирования побегов). С увеличением возраста хвои его густота снижается практически линейно. (происходит опадение хвои). Максимальный возраст хвои на подросте сосны – 4 года, минимальный – 2 года. Сохранность хвои на побегах четырехлетнего возраста составляет 6-28 %. Охвоенность побегов текущего года – 97-100 %. Охвоенность центральных побегов у подроста любого возраста любой высоты всегда выше, чем боковых.

На рис. 1 представлена зависимость длины хвои подроста сосны от высоты. Установлено, что в целом с увеличением высоты подроста (H) увеличивается и длина хвои (L). Об этом свидетельствует и линия тренда на рисунке. Это характерно для хвои как первого, так и второго года. Зависимость описывается уравнением линейной регрессии

$$L = 1.3055H + 21.119 \quad R^2 = 0.26.$$

Модель рассчитана для конкретных экологических условий и работает при значениях $0,1 < H < 3.35$.

Максимальные значения длины хвои характерны для моделей подроста сосны высотой более 2 м (особи, которые не испытывают затенения). Длина хвои варьирует от 12 до 54 мм.

Хвоя трех- и четырехлетнего возраста на рисунке не представлена из-за того, что не на всех моделях она сохранилась. Тем не менее, длина хвои более старшего возраста (сформированной в 2018 и 2017 годах) больше, чем на побегах 2019 и 2020 годов.

Таблица 3

Структура молодняков по группам высот и по жизненному состоянию на гари, экз./га

Table 3

Structure of young plants by height groups and by vital condition on burning, ex./ha

Порода/species	Растущие/ Growing	Сухостой/ Deadwood	Доля сухостоя, % Proportion of dead wood, %
Сосна обыкновенная – <i>Pinus sylvestris</i> L.	2400	100	4,1
Береза бородавчатая, повислая – <i>Betula pendula</i> ROTH	2100	500	23,8
Осина, тополь дрожащий – <i>Populus tremula</i> L.	1400	900	64,3
Ольха серая – <i>Alnus incana</i> (L.) MOENCH,	500	-	0
Итого	6400	1500	23,4

Таблица 4

Основные биометрические характеристики моделей подроста сосны на объекте исследования

Table 4

The main biometric characteristics of pine undergrowth models at the research object

Номер модельного растения / Model plant Number	Высота, см /Height, cm	Возраст, лет/ Age, years	Возраст хвои, лет/ Age of needles, years	Диаметр кро- ны, см / Crown diame- ter, cm	Протяженность кроны, мм / Crown length, mm
1	53	10	2	42	33
2	65	11	2	40	35
3	116	12	3	80	73
4	296	12	4	145	240
5	270	12	4	135	210
6	235	10	3	141	170
7	210	10	4	150	160
8	258	10	4	150	170
9	200	10	2	130	140
10	170	12	2	120	145
11	65	7	2	55	42
12	210	10	3	160	170
13	335	13	3	190	290
14	320	15	3	190	270
15	240	12	3	135	200
16	126	12	2	95	95
17	130	10	2	90	90
18	60	9	2	60	30
19	60	9	2	55	35
20	113	12	3	95	80
21	47	6	2	35	20
22	37	6	2	30	20
23	9	3	3	12	5

Источник: собственные экспериментальные данные

Source: own experimental data

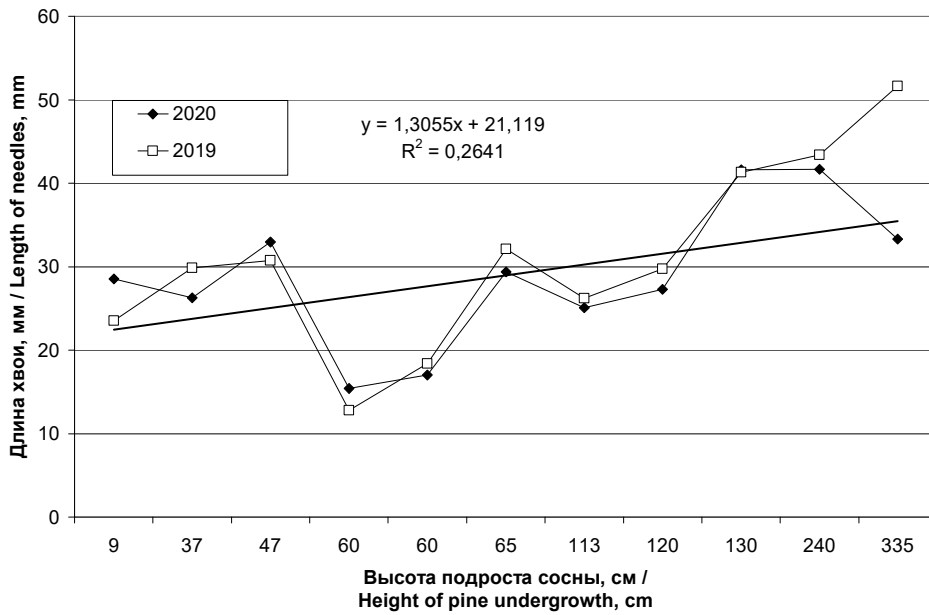


Рис. 1. Длина хвои подростка сосны, сформировавшейся в 2019 и 2020 годах, в зависимости от высоты

Figure 1. Length of pine undergrowth needles formed in 2019 and 2020, depending on height

Источник: на основании собственных вычислений авторов

Source: based on the authors' own calculations

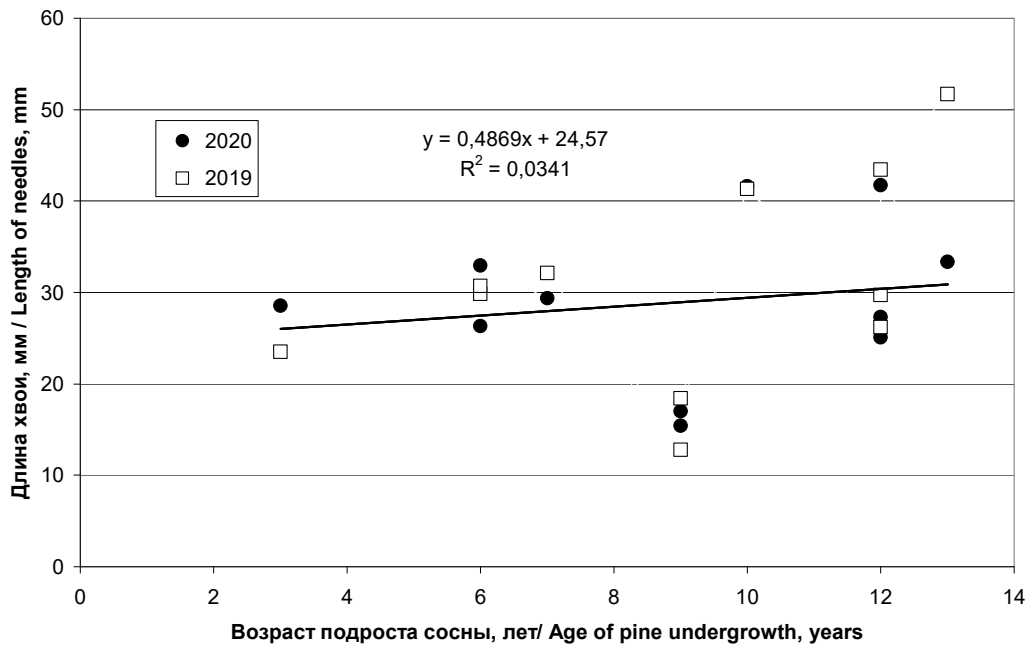


Рис. 2. Зависимость длины хвои от возраста подростка сосны (для хвои, сформировавшейся в 2020 и 2019 годах)

Figure 2. Dependence of the length of needles on the age of pine undergrowth (for needles formed in 2020 and 2019)

Источник: на основании собственных вычислений авторов

Source: based on the authors' own calculations

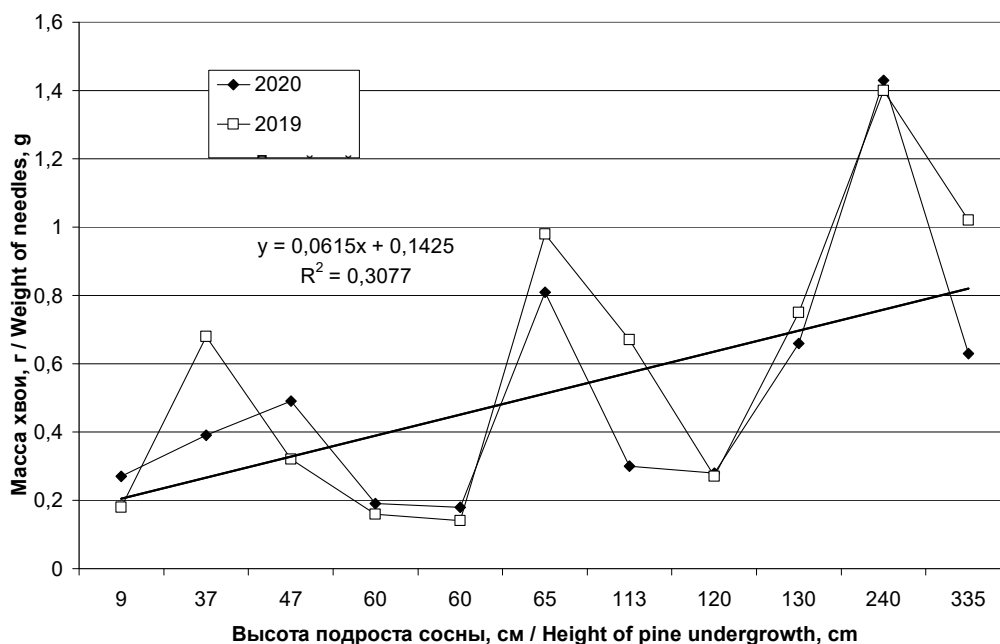


Рис. 3. Изменение массы хвои подроста сосны в зависимости от высоты (для хвои, сформировавшейся в 2020 и 2019 годах)

Figure 3. Change in the weight of pine needles depending on the height (for needles formed in 2020 and 2019)

Источник: на основании собственных вычислений авторов

Source: based on the authors' own calculations

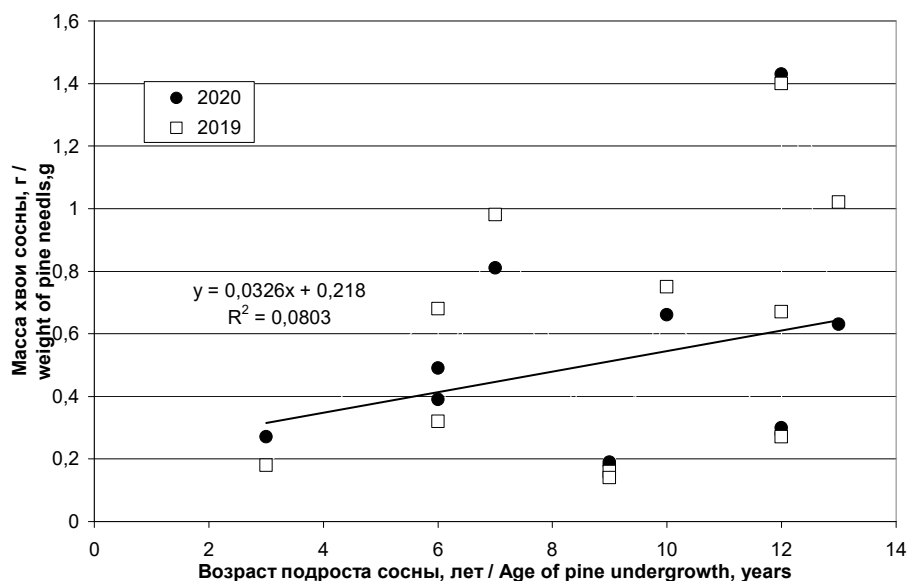


Рис. 4. Зависимость массы хвои подроста сосны от возраста (для хвои, сформировавшейся в 2020 и 2019 годах)

Figure 4. Dependence of the weight of pine needles on age (for needles formed in 2020 and 2019)

Источник: на основании собственных вычислений авторов

Source: based on the authors' own calculations

На рис. 2 представлены данные, отражающие зависимость длины хвои подроста сосны от возраста. Зависимость выражена уравнением линейной регрессии вида

$$L = 0.4869H + 24.57.$$

Зависимость менее выражена по сравнению с высотой подроста, что показано и значением коэффициента детерминации ($R^2 = 0.03$).

На рис. 3 показана зависимость массы (M) хвои подроста сосны от высоты.

$$M = 0.00615H + 0.1425. \quad R^2 = 0.31$$

Модель рассчитана для сухих сосняков скальных и работает при значениях $0,1 < H < 3.35$.

Как видно, размах варьирования по массе значительно шире, чем по длине хвои. Максимальное значение по массе 100 хвоинок составляет 1,42 г (модель, растущая на открытом месте), а минимальное – 0,17 г (у модели, произрастающей в тени).

Общая закономерность изменения массы аналогична изменению длины хвои – с увеличением высоты подроста масса хвои увеличивается. Масса хвои старше двух лет не представлена на графике по причине, указанной выше. Установлено, что масса хвои старшего возраста, так же, как и

длина, несколько больше массы молодой хвои, сформировавшейся в 2019 и 2020 годах.

Зависимость массы хвои от возраста подроста сосны показана на рис. 4. По сравнению с высотой подроста, указанная зависимость менее выражена. Регрессионный анализ показал, что зависимость не явно выражена ($M = 0.00326H + 0.218$).

Коэффициент детерминации (R^2) составил 0,08. В дальнейших исследованиях для выявления зависимости длины и массы хвои от биометрических характеристик подроста целесообразно использовать высоту.

Заключение

Из материалов, представленных в данной статье, следует, что длина и масса хвои прямо зависят от высоты подроста и условий места произрастания. Максимальная длина хвои составила 52 мм, максимальная масса 100 хвоинок – 1,42 г. Чередование микропонижений, оголенных скальных выходов, трещин и выступов определяют эти условия. Существенное влияние на биометрические характеристики подроста хвои сосны оказывает и режим освещенности. При оптимальной освещенности масса хвои максимальна.

Список литературы

1. Гаврилова О. И., Колганов Е. С., Пак К. А. Оценка успешности самовозобновления сосны на гари. Лесотехнический журнал. 2020; т. 10, № 4 (40): 142–150. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.4/11.
2. Грязькин А. В., Беляева Н. В., Кази И. А., Ефимов А. В., Сырников И. А. Особенности роста подроста сосны под пологом древостоев на сухих бедных почвах. Research Science. 2019; 8: 3–6.
3. Долгая В. А., Бахмет О. Н. Свойства лесных подстилок на ранних этапах естественного лесовозобновления после сплошных рубок в средней тайге Карелии. Лесоведение. 2021; 1: 65–77. DOI: 10.31857/S0024114821010022.
4. Кутявин И. Н., Манов А. В., Осипов А. Ф., Кузнецов М. А. Строение древостоев северотаежных сосняков. Изв. вузов. Лесной журнал. 2021; 2: 86–105. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-2-86-105.
5. Моллаева М. З. Морфометрические параметры ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной в горах Центрального Кавказа. Лесоведение. 2021; 4: 406–414. DOI: 10.31857/S0024114821040082.
6. Сунгурова Н. Р., Коновалов В. Н. Ассимиляционный аппарат ели в культурах на долгомошной вырубке. Изв. вузов. Лесной журнал. 2016; 2: 31–40. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.2.31.
7. Gutalj M., Gryazkin A. V., Belyaeva N. V., Kazi I. A. Relations between leave's biometrical characteristics and vitality of norway spruce (*Picea abies* Karst.) undergrowth. Book of proceedings VIII International Scientific Agriculture Symposium "AGROSYM 2017". Jahorina, Bosnia and Herzegovina, October 05-08, 2017. Pp. 2720–2724.

8. Gryazkin A., Bespalova V., Samsonova I. (et al.). Potential reserves and development of non-wood forest resources. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019: 453–468. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/316/1/012007>.

9. Hansen W. D., Braziunas K. H., Rammer W., Seidl R., Turner M. G. (2018) It takes a few to tango: Changing climate and fire regimes can cause regeneration failure of two subalpine conifers. *Ecology* 99: 966–977. DOI: 10.1002/ecy.

10. Braziunas K. H., Hansen W. D., Seidl R., Rammer W., Turner M. G. (2018) Looking beyond the mean: Drivers of variability in postfire stand development of conifers in Greater Yellowstone. *For Ecol Manage* 430: 460–471. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.034>.

11. Turner M. G., Braziunas K. H., Hansen W. D., Harvey B. J. Short-interval severe fire erodes the resilience of subalpine lodgepole pine forests. *PNAS* June 4, 2019; 116 (23): 11319–11328; <https://doi.org/10.1073/pnas.1902841116>.

12. Pritchard S. J., Stevens-Rumann C. S., Hessburg P. F. (2017). Tamm review: Shifting global fire regimes: Lessons from reburns and research needs. *For Ecol Manage* 396: 217–233. DOI: 10.1016/J.FORECO.201703.035.

13. Turkyilmaz A., Sevik H., Cetin M. (2018). The use of perennial needles as biomonitors for recently accumulated heavy metals. *Landscape and Ecological Engineering*, 14 (1): 115–120. DOI:10.1007/s11355-017-0335-9.

14. Zarubina L. V. Outflow and Distribution of Spruce 14C-Assimilates after Selective Felling in the Northern Taiga Phytocenosis. *Lesnoy Zhurnal [Russian Forestry Journal]*. 2019; 2: 40–55. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.2.40.

References

1. Gavrilova O. I., Kolganov E. S., Pak K. A. Evaluation of the success of self-renewal of pine trees in the burnt areas. *Lesotechnicheskii journal [Forest Engineering Journal]*. 2020. No. 4. P. 142-150 (in Russian). DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.4/11.

2. Gryazkin A. V., Belyaeva N. V., Kazi I. A., Efimov A. V., Syrnikov I. A. Features of the growth of pine undergrowth under the canopy of forest stands on dry poor soils. *Research Science (Banska Bystrica, Slovakia)*. 2019; 8: 3-6 (in Russian).

3. Dolgaya V. A., Bakhmet O. N. Properties of forest litter at the early stages of natural reforestation after clearcuts in the middle taiga of Karelia. *Forest science*. 2021; 1: 65–77 (in Russian). DOI: 10.31857/S0024114821010022.

4. Kutyaev I. N., Manov A. V., Osipov A. F., Kuznetsov M. A. The structure of forest stands of northern taiga pine forests // *Izv. vuzov. Lesnoy zhurnal [Forest magazine]*. 2021; 2: 86–105 (in Russian). DOI: 10.37482/0536-1036-2021-2-86-105.

5. Mollaeva M. Z. Morphometric parameters of the assimilation apparatus of Scotch pine in the mountains of the Central Caucasus. *Forestry*. 2021; 4: 406-414 (in Russian). DOI: 10.31857/S0024114821040082.

6. Sungurova N. R., Konovalov V. N. The assimilation apparatus of spruce in crops on long-cut cuttings. *Izv. vuzov. Lesnoy zhurnal [Forest magazine]*. 2016; 2: 31-40 (in Russian). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.2.31.

7. Gutalj M., Gryazkin A. V., Belyaeva N. V., Kazi I. A. Relations between leave's biometrical characteristics and vitality of norway spruce (*Picea abies* Karst.) undergrowth. *Book of proceedings VIII International Scientific Agriculture Symposium "AGROSYM 2017"*. Jahorina, Bosnia and Herzegovina, October 05-08, 2017. Pp. 2720–2724.

8. Gryazkin A., Bespalova V., Samsonova I. (et al.). Potential reserves and development of non-wood forest resources. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019: 453–468. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/316/1/012007>.

9. Hansen W. D., Braziunas K. H., Rammer W., Seidl R., Turner M. G. (2018) It takes a few to tango: Changing climate and fire regimes can cause regeneration failure of two subalpine conifers. *Ecology* 99: 966–977. DOI: 10.1002/ecy.

10. Braziunas K. H., Hansen W. D., Seidl R., Rammer W., Turner M. G. (2018) Looking beyond the mean: Drivers of variability in postfire stand development of conifers in Greater Yellowstone. *For Ecol Manage* 430: 460–471. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.034>.

11. Turner M. G., Braziunas K. H., Hansen W. D., Harvey B. J. Short-interval severe fire erodes the resilience of subalpine lodgepole pine forests. *PNAS* June 4, 2019; 116 (23): 11319–11328; <https://doi.org/10.1073/pnas.1902841116>.

12. Pritchard S. J., Stevens-Rumann C. S., Hessburg P. F. (2017). Tamm review: Shifting global fire regimes: Lessons from reburns and research needs. *For Ecol Manage* 396: 217–233. DOI: 10.1016.J.FORECO.201703.035.

13. Turkyilmaz A., Sevik H., Cetin M. (2018). The use of perennial needles as biomonitors for recently accumulated heavy metals. *Landscape and Ecological Engineering*, 14 (1): 115–120. DOI:10.1007/s11355-017-0335-9.

14. Zarubina L. V. Outflow and Distribution of Spruce 14C-Assimilates after Selective Felling in the Northern Taiga Phytocenosis. *Lesnoy Zhurnal [Russian Forestry Journal]*. 2019; 2: 40–55. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.2.40.

Сведения об авторах

✉ *Грязькин Анатолий Васильевич* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», Институтский пер, 5, литер У, г. Санкт-Петербург, 194021, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3497-9312>, e-mail: lesovod@bk.ru.

Гаврилова Ольга Ивановна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии и организации лесного комплекса ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», пр. Ленина, 33, г. Петрозаводск, 185035, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1717-3085>, e-mail: ogavril@mail.ru.

Information about the authors

✉ *Anatoly V. Gryazkin* – Dr. Sci. in Agricultural Sciences, Professor of the Department of Forestry, St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov, Institutsky Lane, 5, letter U, St. Petersburg, 194021, Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3497-9312>, e-mail: lesovod@bk.ru.

Olga I. Gavrilova – Dr. Sci. in Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technology and Organization of the Forestry Complex, Petrozavodsk State University, 33 Lenin Ave., Petrozavodsk, 185035, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1717-3085>, e-mail: ogavril@mail.ru.