

DOI: 10.15393/j2.art.2026.9003

УДК 630.2

Статья

## Влияние условий места произрастания на биометрические характеристики подроста сосны

**Гаврилова Ольга Ивановна**

*доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Петрозаводский государственный университет (Российская Федерация), [ogavril@mail.ru](mailto:ogavril@mail.ru)*

**Грязькин Анатолий Васильевич**

*доктор биологических наук, профессор, Санкт-Петербургский лесотехнический университет имени С. М. Кирова (Российская Федерация), [lesovod@bk.ru](mailto:lesovod@bk.ru)*

**Парамонов Сергей Геннадьевич**

*кандидат биологических наук, доцент, Санкт-Петербургский химико-фармацевтический университет Минздрава России (Российская Федерация), [sergei.paramonov@pharminnotech](mailto:sergei.paramonov@pharminnotech)*

*Получена: 29 сентября 2025 / Принята: 11 февраля 2026 / Опубликовано: 15 марта 2026*

---

**Аннотация:** Цель исследования — установление основных биометрических характеристик подроста сосны, произрастающего в различных условиях светового довольствия. Представлены оригинальные сравнительные данные по биометрическим характеристикам подроста сосны, произрастающего под пологом материнских древостоев и на открытой территории. Объект исследования — подрост сосны высотой 0,5—2,5 м, произрастающий в разных условиях освещённости — под пологом сосняка брусничного и на прогалине. Регион исследования — Ленинградская область. Учёт подроста проводили на круговых учётных площадках по 10 м<sup>2</sup> в соответствии с патентом РФ № 2084129. Для каждого модельного экземпляра подроста сосны установлены высота, возраст и прирост по годам, а также возраст хвои на боковых и центральном побегах. Для детального исследования из каждой группы по высоте было отобрано по 3 модельных экземпляра подроста сосны. Общее количество модельных экземпляров составило 30. В лабораторных условиях измерены длина и масса хвои, установлена густота охвоения побегов и определена величина среднего общего прироста. Показано, что основные биометрические характеристики подроста, произрастающего на открытой территории, всегда выше, чем у подроста, произрастающего

под пологом древостоев. В зависимости от условий произрастания длина хвои варьирует в меньшей степени, чем масса хвои. Длина хвои по группам высот изменяется от 3,43 до 5,22 см у подроста, произрастающего на открытой территории, и от 2,42 до 3,29 см у подроста, произрастающего под пологом древостоев. Размах варьирования массы хвои составляет от 1,71 до 3,41 г для подроста, произрастающего на открытой территории, и от 0,71 до 1,43 г для подроста под пологом материнского древостоя. Освещённость под пологом сосняка брусничного в среднем равна 18,7 тыс. люкс и составляет 27 % от освещённости на открытом месте. Функционирование ассимиляционного аппарата определяет в конечном итоге интенсивность накопления древесины — главного продукта лесохозяйственного производства. В условиях дефицита тепла освещённость является основным фактором, определяющим интенсивность продукционных процессов в таёжной зоне. Полученные результаты можно использовать для сравнения с данными, полученными в других условиях и других географических районах.

**Ключевые слова:** сосняк брусничный; подрост сосны; длина и масса хвои

---

DOI: 10.15393/j2.art.2026.9003

*Article*

## **Influence of growing conditions on the biometric characteristics of the pine undergrowth**

**Olga Gavrilova**

*D. Sc. in agriculture, professor, Petrozavodsk State University (Russian Federation), [ogavril@mail.ru](mailto:ogavril@mail.ru)*

**Anatoly Gryazkin**

*D. Sc. in biology, professor, Saint Petrerburg Forestry Engineering University named after S. M. Kirov (Russian Federation), [lesovod@bk](mailto:lesovod@bk)*

**Sergey Paramonov**

*Ph. D. in biology, associate professor, Saint Petrerburg Chemical and Pharmaceutical University of the Ministry of Health of the (Russian Federation), [sergei.paramonov@pharminnotech.com](mailto:sergei.paramonov@pharminnotech.com)*

*Received: 29 September 2025 / Accepted: 11 February 2026 / Published: 15 March 2026*

---

**Abstract:** The purpose of this study was to determine the main biometric characteristics of pine seedlings growing under different light conditions. Original comparative data on the biometric characteristics of pine undergrowth growing under the canopy of the mother stands and in the open area are presented. The object of the study was an undergrowth of pine 0.5—2.5 m high, growing in different light conditions: under the canopy of cowberry pine and in a clearing in the wood. The research region was the Leningrad Region. The undergrowth was recorded on circular accounting platforms of 10 m<sup>2</sup> each, in accordance with RF Patent no. 2084129. For each model specimen of pine undergrowth, the height, age and growth over the years, as well as the age of the needles on the lateral and central shoots, were determined. For a detailed study, 3 model specimens of pine undergrowth were selected from each height group. The total number of model copies was 30. The length and weight of the needles were measured in laboratory conditions, the density of the shoots was determined, and the average total increase was determined. It is shown that the basic biometric characteristics of undergrowth growing in an open area were always higher than those of undergrowth growing under the canopy of stands. Depending on the growing conditions, the length of the needles varied to a lesser extent than the weight of the needles. The length of needles in height groups varied from 3.43 to 5.22 cm for undergrowth growing in an open area, and from 2.42 to 3.29 cm for undergrowth growing under the canopy of stands. The

range of needle weight variation ranged from 1.71 to 3.41 g for undergrowth growing in an open area, and from 0.71 to 1.43 g for undergrowth under the canopy of the parent stand. The illumination under the canopy of the cowberry pine was on average 18.7 thousand lux and accounted for 27 % of the illumination in the open. The functioning of the assimilation apparatus ultimately determines the intensity of accumulation of wood, the main product of forestry production. In conditions of heat deficiency, illumination is the main factor determining the intensity of production processes in the taiga zone. The results obtained can be used for comparison with data obtained in other conditions and other geographical areas.

**Keywords:** vaccinium type of pine; pine undergrowth; length and weight of needles

---

## 1. Введение

Лимитирующим фактором успешного развития подростка сосны под пологом древостоев является освещённость [1—3]. Под пологом древостоев на режим освещённости влияют состав и густота древостоя, средняя высота и средний возраст, ярусность древостоя и сомкнутость полога [1—4]. Подрост в таких условиях характеризуется слабо развитой кроной, сравнительно небольшим приростом в высоту. Возраст хвои подростка сосны в таких условиях, как правило, составляет 1—2 года.

На вырубках, пустолях и гарях успешному росту и развитию подростка сосны мешает живой напочвенный покров и особенно крупнозлаковая растительность [5—11]. В этих условиях архитектура кроны подростка отличается от подростка, произрастающего под пологом древостоев. Отличительная особенность состоит в ярко-зелёной окраске хвои, в густом охвоении побегов, хвоя на боковых побегах сохраняется до 3 лет, а на центральном побеге — до 4—5 лет [11—17].

Биометрические характеристики хвои не стабильны и зависят от множества экзогенных и эндогенных факторов [11—17]. На одном и том же растении характеристики хвои изменяются даже по периодам вегетации каждого года. Результаты, полученные многими исследователями, свидетельствуют о том, что размах варьирования длины хвои, в зависимости от лесорастительных условий, отмечается в широких пределах — от 28 до 116 мм [8], [12], [17]. Различие условий вызывает и различие в возрасте хвои на подросте сосны. В благоприятных условиях возраст хвои достигает 4 лет, в первую очередь на центральном побеге. В неблагоприятных условиях хвоя сохраняется на побеге, как правило, 1—2 года. Масса хвои — такой же изменчивый показатель, как и её длина [3—5], [8—11], [16], [18].

В работе А. А. Фетисовой [12] показано, что от условий места произрастания зависят все характеристики ассимиляционного аппарата — возраст хвои, густота охвоения побегов, цвет хвои, её длина и масса. Такие же результаты получены Нгуен Ван Зинь и другими исследователями по подросту сосны, произрастающему на участках лесных культур [4], [16], [18], [19].

Подрост сосны в зависимости от условий произрастания приобретает ярко выраженное различие биометрических характеристик [18], [20]. Это касается основных показателей: высоты подростка, динамики роста в высоту, количества ветвей в мутовках, а также длины и массы хвои [12—17], [19], [21].

От режима освещённости зависят как биометрические характеристики ассимиляционного аппарата, так и динамика роста в высоту и жизненное состояние подростка сосны. Под пологом древостоев подрост сосны, как правило, характеризуется бледно-зелёной хвоей. Кроме этого, молодое поколение сосны в таких условиях имеет замедленный рост, минимальное количество ветвей в мутовке и минимальную густоту хвои на побегах [12—21].

Динамика роста молодого поколения сосны на гарях, вырубках и под пологом древостоев зависит от множества факторов. К основным можно отнести климатические, почвенно-грунтовые условия, а также внутривидовую и межвидовую конкуренцию [9], [20], [22—29].

## 2. Материалы и методы

Объект исследования — молодое поколение сосны, произрастающее в различных условиях — на прогалине и под пологом сосняка брусничного, в различных условиях освещённости. Регион исследования — Ленинградская область. Предмет исследования — хвоя подроста сосны.

Учёт подроста проводили в соответствии с патентом РФ № 2084129 [30]. При этом закладывали круговые учётные площадки по 10 м<sup>2</sup> по свободному маршрутному ходу. На каждой учётной площадке определяли биометрические характеристики каждого экземпляра подроста сосны. Определяли высоту подроста, возраст, прирост по высоте. Из трёх моделей каждой группы по высоте (мелкий, средний, крупный) отбирали побеги для определения в лабораторных условиях биометрических характеристик сосны. С каждой модели отбирали охвоенные побеги каждого года формирования в трёх повторностях. Освещённость под пологом измеряли люксметром марки «ТКА-Люкс». Измерения проводили в 100 точках по тому же маршрутному ходу, по которому проведён учёт подроста. В лабораторных условиях измеряли длину побега и определяли густоту охвоения. После этого из центральной части каждого побега отбирали несколько десятков пар хвои с таким расчётом, чтобы получить не менее трёх навесок по 100 пар хвои. В дальнейшем у каждой пары хвоинок измерялась длина с точностью 1 мм. После высушивания хвои её взвешивали и определяли удельную массу. Удельная масса хвои — вес единицы длины (мг/см). Приемлемая точность достигалась необходимым количеством образцов [31].

## 3. Результаты

Известно, что величина освещённости существенным образом изменяется не только по сезонам года и в течение дня, но и в зависимости от величины облачности и состояния погоды. В ходе исследований были выявлены существенные различия в режиме освещённости под пологом по типам леса, в зависимости от их характеристик. Освещённость под пологом сосняка брусничного в среднем составила 18,7 тыс. люкс. Размах варьирования освещённости существенный и колеблется от 7,1 до 26,3 тыс. люкс. Относительная освещённость в среднем составляет 27 % от освещённости на открытом месте.

В большинстве случаев подрост сосны под пологом древостоев появляется в прогалинах и окнах (фото 1). При этом состояние и численность подроста зависят от размеров этих прогалин и окон. Под пологом древостоев, в отличие от вырубок, доля нежизнеспособного и сухого подроста сосны в большинстве случаев превышает долю жизнеспособного. Жизнеспособный подрост сосны под пологом древостоев заметно отличается от подроста такого же жизненного состояния на вырубке. Средние значения основных характеристик подроста сосны свидетельствуют о том, что под пологом древостоев условия произрастания менее благоприятны, чем на вырубке. Для примера в таблице 1 представлены усреднённые данные по подросту высотой 1 м, произрастающему под пологом древостоя (10 экз.) и на открытом месте (10 экз.).



**Фото 1.** Жизнеспособный подрост сосны в окнах (сосняк брусничный)

**Photo 1.** Viable pine undergrowth in openings (cowberry pine)

**Таблица 1.** Сравнительные характеристики подроста сосны высотой 1 м, произрастающего на открытом месте и под пологом древостоя (сосняк брусничный)

**Table 1.** Characteristics of 1-m-high pine undergrowth growing in openings and under tree canopies (cowberry pine)

Показатель	Жизнеспособный подрост на вырубке	Жизнеспособный подрост под пологом
Цвет хвои	Ярко-зелёный	Бледновато-зелёный
Длина 100 хвоинок, см	402,1 ± 12,3	282,8 ± 3,6
Масса 100 хвоинок, г	2,11 ± 0,18	1,23 ± 0,11
Охвоенность побегов, шт. на 1 см длины побега	8,9 ± 0,8	3,7 ± 0,4
Прирост в высоту за последние 3 года, см/год	12,5 ± 1,1	5,6 ± 0,4
Общий средний прирост в высоту, см/год	17,6 ± 1,4	7,1 ± 0,6
Средний возраст хвои, лет	3,2 ± 0,3	1,8 ± 0,2
Среднее количество ветвей в мутовке при высоте подроста 1 м, шт.	5,1 ± 0,5	1,3 ± 0,2
Удельная масса хвои, мг/см	5,3 ± 0,1	3,1 ± 0,1

В ходе исследований было установлено, что количество ветвей в мутовке, густота охвоения побегов и размеры хвои различаются по годам их формирования. Количество ветвей в мутовке у подростка на вырубке может формироваться до 8, тогда как у подростка сосны, произрастающего под пологом материнского древостоя, в отдельных мутовках боковые ветви могут отсутствовать. Часто мутовки в этих условиях представлены 1—3 слабо развитыми ветвями.

У подростка сосны на вырубке хорошо выражено густое охвоение побегов любого года (фото 2). Побеги текущего года у подростка на открытом пространстве имеют яркую светло-зелёную хвою. У подростка с лимитом светового довольствия формируется хвоя другого типа — с низким содержанием столбчатой паренхимы.



**Фото 2.** Густота охвоения побегов текущего года у подростка сосны на вырубке (слева) и под пологом (справа)

**Photo 2.** Density of current-year shoots in pine undergrowth in an opening (left) and under a canopy (right)

Установлено, что под пологом древостоев все характеристики нежизнеспособного подростка уступают характеристикам жизнеспособного. Наиболее наглядно это проявляется в густоте охвоения побегов (см. фото 2). По динамике роста различия также хорошо выражены — величина среднего общего прироста у подростка сосны под пологом в 2—3 раза меньше по сравнению с величиной прироста у подростка, произрастающего на прогалине.

Многочисленные результаты исследований, полученные в сосняках, свидетельствуют о том, что освещённость (как интегральный фактор) прямо зависит от характеристик древостоя. От режима освещённости, в свою очередь, зависят биометрические характеристики подростка и хвои [1], [3], [8], [9], [12], [17].

Изреживание хвои на побегах прошлых лет перманентно снижается на определённую величину. Под пологом древостоев полная дефолиация побегов подроста сосны наступает через 2—3 года, а на прогалине — через 4—6 лет. В среднем на 1 см длины побега текущего года приходится от 8 до 12 пар хвоинок у подроста, произрастающего на открытой территории, и от 3 до 7 пар у подроста, произрастающего под пологом. На побегах двух-трёх-летнего возраста густота охвоения в 2—3 раза меньше.

В целом, охвоенность побегов сосны текущего года составляет 95—100 % на вырубке и 79—89 % — под пологом. У побегов предыдущего года (у подроста на вырубке) охвоение на 25—35 % меньше, чем у побегов текущего года формирования. Под пологом древостоя охвоение побегов двухлетнего возраста составляет всего 45—60 %. На побегах трёхлетнего возраста хвоя у подроста под пологом сохраняется единично, а на побегах подроста сосны на прогалине достигает 35—40 %.

В таблице 2 представлены данные по биометрическим характеристикам подроста сосны (по три модели из каждой группы по высоте), произрастающего на открытой территории. Полученные данные свидетельствует о том, что длина и масса хвои в целом возрастают с увеличением высоты подроста. Остальные характеристики подроста также имеют тенденцию к возрастанию с увеличением высоты подроста.

**Таблица 2.** Основные характеристики подроста сосны, произрастающего на открытой территории

**Table 2.** Main characteristics of pine undergrowth growing in openings

Показатель	Группы подроста по высоте, см				
	до 50	51—100	101—150	151—200	201—250
Длина хвои, см	3,43—3,54	3,80—3,92	4,22 ± 0,31	4,41 ± 0,30	5,22 ± 0,34
Масса 100 пар хвоинок, г	1,71	1,94	2,14	2,12	3,41
Общий средний прирост в высоту, см/год	6,7	8,1	11,6	15,4	19,2
Средний возраст хвои, лет	2,8	3,3	3,2	3,7	3,9

По всем характеристикам подрост под пологом отличается от подроста, произрастающего на открытой территории (таблица 3). Это касается как длины и массы хвои, так и величины прироста и возраста хвои. В определённой степени такие различия связаны с тем, что средний возраст подроста под пологом древостоя при одинаковой высоте в два раза больше, чем у подроста, произрастающего на открытой территории.

Средний возраст подроста высотой до 0,5 м, произрастающего под пологом, составляет 6—8 лет, а подроста на открытой территории — 3—5 лет. Возраст подроста высотой более 2 м под пологом варьирует от 16 до 24 лет, а на открытой территории — от 7 до 11 лет.

**Таблица 3.** Основные характеристики подроста сосны, произрастающего под пологом древостоев

**Table 3.** Main characteristics of pine undergrowth growing under the canopy of tree stands

Показатель	Группы подроста по высоте, см				
	до 50	51—100	101—150	151—200	201—250
Длина хвои, см	2,42	2,61	2,90	3,41	3,29
Масса 100 пар хвоинок, г	0,70	0,98	0,94	1,12	1,43
Общий средний прирост в высоту, см/год	3,1	3,3	4,6	5,4	7,4
Средний возраст хвои, лет	0,8	1,3	1,2	1,5	1,7

Ассимиляционный аппарат — фабрика по производству органического вещества. Интенсивность фотосинтеза определяет в конечном итоге запасы древесины на лесном участке. Лесохозяйственными мероприятиями интенсивность фотосинтеза можно регулировать, а следовательно, и повышать производительность насаждения. В условиях дефицита тепла освещённость является основным фактором, определяющим интенсивность продукционных процессов в таёжной зоне.

#### 4. Обсуждение и заключение

Условия произрастания молодого поколения сосны определяют практически все биометрические характеристики. Высота подроста на открытой территории больше, чем под пологом при одинаковом возрасте. Следовательно, средний общий прирост также различается в зависимости от условий. Густота охвоения побегов зависит, главным образом, от режима освещённости, при полной освещённости охвоение в 2—3 раза больше, чем в условиях ограниченного светового довольствия. Длина хвои в зависимости от условий произрастания варьирует в меньшей степени, а масса хвои у подроста сосны, произрастающего на открытой территории, всегда больше, чем у подроста, произрастающего под пологом древостоев. Размах варьирования длины хвои в зависимости о высоты подроста составляет от 34,3 до 52,2 мм на открытой местности. У подроста под пологом эти значения равны соответственно 24,2 и 32,9 мм.

## Список литературы

1. *Алексеев В. А.* Многолетняя динамика прихода ФАР и прирост древесины в южно-таёжных древостоях // *Лесоведение*. 1979. № 6. С. 24—31.
2. *Грязькин А. В., Беляева Н. В., Кази И. А.* Особенности роста подроста сосны под пологом древостоев на сухих бедных почвах // *Research Science (Banská Bystrica, Словакия)*. 2019. No. 8. P. 3—6. Available at: <http://researchscience.info/payment>. Text. Image: electronic.
3. *Маргайлик Г. И.* Влияние освещённости на развитие хвои сосны обыкновенной // *Экология древесных растений*. Минск, 1965. С. 100—107.
4. *Нгуен Ван Зинь., Шахов А. Г., Ву Ван Хунг.* Особенности самовозобновления сосны обыкновенной // *Материалы Второй международной научно-технической конференции «Леса России: политика, промышленность, наука, образование», 24—26 мая 2017 года*. СПб.: СПбГЛТУ, 2017. Т. 1. С. 40—42.
5. *Гаврилова О. И., Грязькин А. В.* Особенности самовозобновления сосны на гари // *Лесной вестник / Forestry Bulletin*. 2022. Т. 26, № 4. С. 69—74. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-3-6.
6. *Гусев Д. В.* Естественное возобновление сосны после низовых пожаров на территории Ленинградской области // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. 2016. № 215. С. 30—40.
7. Повреждаемость молодняков сосны в связи с условиями произрастания / С. Г. Парамонов, А. В. Грязькин, А. П. Смирнов [и др.] // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. 2023. Вып. 245. С. 126—139. DOI: 10.21266/2079-4304.2023.245.126-139.
8. *Фетисова А. А., Грязькин А. В., Ковалев Н. В.* Оценка естественного возобновления хвойных пород на сплошных вырубках в условиях Роцинского лесничества // *Лесной журнал*. 2013. № 6. С. 15—17.
9. *Грязькин А. В., Гаврилова О. И.* Биометрические характеристики хвои подроста сосны, произрастающего на гари // *Лесотехнический журнал*. 2022. Т. 12, № 1 (45). С. 21—31. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.1/2>.
10. *Гаврилова О. И., Феклистов П. А., Грязькин А. В.* Биометрические характеристики ассимиляционного аппарата самосева сосны на гари // *Аграрный научный журнал*. 2022. № 10. С. 30—33. DOI: <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i10pp30-33>.
11. *Беляева Н. В., Деревцова Д. М.* Оценка успешности возобновления сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на площадях, пройденных лесными пожарами // *Научное обозрение*. 2015. № 7. С. 10—16.
12. *Фетисова А. А.* Многофакторный анализ успешности естественного возобновления *Pinus sylvestris* L. в условиях Ленинградской области: Дис. ... канд. биол. наук: 06.03.02. СПб.: СПбГЛТУ, 2013. 162 с.
13. *Егорова Н. Н., Кулагин А. А.* Изменчивость признаков анатомического строения ассимиляционного аппарата и проводящих корней сосны обыкновенной в экстремальных лесорастительных условиях // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2014. № 6 (50). С. 52—54.
14. *Зверева Г. К.* Структурная организация мезофилла хвои у видов рода *Pinus* (Pinaceae) // *Ботанический журнал*. 2014. Т. 99, № 10. С. 1101—1109.
15. *Иозус А. П., Морозова Е. В.* Морфологические и анатомические особенности хвои сосны обыкновенной разного географического происхождения в географических культурах Волгоградской области // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 4. С. 12—18.
16. *Войцековская С. А., Юмагулова Э. Р., Сурнина Е. Н.* Исследование физиолого-биохимических показателей хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) болотных и лесных по-

- пуляций // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2013. № 3 (23). С. 111—119.
17. *Климов Б. Б., Грязькин А. В., Гаврилова О. И.* Особенности естественного возобновления сосны под пологом сухих сосняков Бурятии // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024. № 248. С. 123—137.
  18. *Соболев А. Н., Феклистов П. А., Грязькин А. В.* Особенности ассимиляционного аппарата изолированных популяций сосны (Большой Соловецкий остров в Белом море) // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2023. № 4. С. 5—11.
  19. *Ilintsev A., Bogdanov A., Nakvasina E.* The natural recovery of disturbed soil, plant cover and trees after clear-cutting in the Boreal Forests // Russia. Forests. 2020. Vol. 13, iss. 6. P. 531—540. DOI: 10.3832/for3371-013.
  20. *Галдина Т. Е., Хазова Е. П.* Влияние климатогеографических факторов на адаптационную способность сосны обыкновенной // Лесотехнический журнал. 2020. Т. 10, № 3 (39). С. 35—42. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.3/4.
  21. *Ряхин В. А., Синкевич С. М.* Естественное возобновление в сосняках зеленомошных средней Карелии // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2005. Вып. 5. С. 92—95.
  22. *Lilja S., Kuuluvainen T.* Structure of old *Pinus sylvestris* dominated forest stands along a geographical and human impact gradient in mid-boreal Fennoscandia // Silva fennica. 2005. No. 39 (3). P. 407—428.
  23. *Моллаева М. З.* Морфометрические параметры ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной в горах Центрального Кавказа. Лесоведение. 2021. № 4. С. 406—414. DOI: 10.31857/S0024114821040082.
  24. *Hansen W. D., Braziunas K. H., Rammer W.* It takes a few to tango: Changing climate and fire regimes can cause regeneration failure of two subalpine conifers // Ecology. 2018. No. 99. P. 966—977. DOI: 10.1002/ecy.
  25. *Braziunas K. B., Hansen W. D., Seidl R.* Looking beyond the mean: Drivers of variability in postfire stand development of conifers in Greater Yellowstone // For. Ecol. Manage. 2018. No. 430. P. 460—471. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.034>.
  26. *Turner Monica G., Braziunas Kristin H., Hansen Winslow D.* Short-interval severe fire erodes the resilience of subalpine lodgepole pine forests // PNAS. 2019, June 4. No. 116 (23). P. 11319—11328. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1902841116>.
  27. *Pritchard S. J., Stevens-Rumann C. S., Hessburg P. F.* Tamm review: Shifting global fire regimes: Lessons from reburns and research needs // For. Ecol. Manage. 2017. No. 396. P. 217—233. DOI: 10.1016/J.FORECO.201703.035.
  28. *Turkyilmaz A., Sevik H., Cetin M.* The use of perennial needles as biomonitors for recently accumulated heavy metals // Landscape and Ecological Engineering. 2018. No. 14 (1). P. 115—120. DOI: 10.1007/s11355-017-0335-9.
  29. *McCarthy N., Scott Bentsen Niclas, Willoughby Ian Philippe.* The state of forest vegetation management in Europe in the 21st century // Eur. J. Forest. Res. 2011. No. 130. P. 7—16.
  30. Патент 2084129 РФ, МКИ С 6 А 01 G 23/00. Способ учёта подроста / Грязькин А. В. № 94022328/13; Заявл. 10.06.94; Опубл. 20.07.97. Бюл. № 20.
  31. *Грязькин А. В.* Влияние метода на точность и достоверность результатов исследования // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. СПб.: ЛТА, 1999. С. 12—18.

## References

1. Alekseev V. A. Long-term dynamics of the arrival of headlights and wood growth in South taiga stands. *Forestry science*, 1979, no. 6, pp. 24—31. (In Russ.)
2. Gryazkin A. V., Belyaeva N. V., Kazi I. A. Features of the growth of pine undergrowth under the canopy of stands on dry poor soils. *Research Science (Banská Bystrica, Slovakia)*, 2019, no. 8, pp. 3—6. Available at: <http://researchscience.info/payment>. Text. Image: electronic.
3. Margailik G. I. Influence of illumination on the development of pine needles. *Ecology of woody plants*. Minsk, 1965, pp. 100—107. (In Russ.)
4. Nguyen Van Zin, Shakhov A. G., Wu Van Hung. Features of self-renewal of the common pine. *Proceedings of the second international scientific and technical conference «Forests of Russia: politics, industry, science, education», May 24—26, 2017*. Saint Petersburg, SPbGLTU, 2017, vol. 1, pp. 40—42. (In Russ.)
5. Gavrilova O. I., Gryazkin A. V. Features of self-renewal of pine in burning. *Forest Bulletin*, 2022, vol. 26, no. 4, pp. 69—74. doi: 10.18698/2542-1468-2022-3-6. (In Russ.)
6. Gusev D. V. Natural regeneration of pine trees after grass-roots fires in the Leningrad region. *Izvestiya of the Saint Petersburg Forestry Academy*, 2016, no. 215, pp. 30—40. (In Russ.)
7. Paramonov S. G., Gryazkin A. V., Smirnov A. P., Semenova E. I., Cheng Tong. Damage to young pine trees due to growing conditions. *Izvestiya of the Saint Petersburg Forestry Academy*, 2023, iss. 245, pp. 126—139. doi: 10.21266/2079-4304.2023.245.126-139. (In Russ.)
8. Fetisova A. A., Gryazkin A. V., Kovalev N. V., Gutal M. Assessment of the natural regeneration of coniferous species in continuous logging in the conditions of the Roshchinsky forestry. *Lesnoy zhurnal*, 2013, no. 6, pp. 15—17. (In Russ.)
9. Gryazkin A. V., Gavrilova O. I. Biometric characteristics of pine needles growing on burning. *Forestry engineering magazine*, 2022, vol. 12, no. 1 (45), pp. 21—31. doi: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.1/2>. (In Russ.)
10. Gavrilova O. I., Feklistov P. A., Gryazkin A. V. Biometric characteristics of the assimilation apparatus of self-seeding pine in burning. *Agrarian Scientific Journal*, 2022, no. 10, pp. 30—33. doi: <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i10pp30-33>. (In Russ.)
11. Belyaeva N. V., Derevtsova D. M. Assessment of the success of the renewal of the common pine (*Pinus sylvestris* L.) in areas covered by forest fires. *Scientific review*, 2015, no. 7, pp. 10—16. (In Russ.)
12. Fetisova A. A. Multifactorial analysis of the success of natural renewal of *Pinus sylvestris* L. in the conditions of the Leningrad region: Dis. ... kand. biol. nauk: 06.03.02. Saint Petersburg, Saint Petersburg State Technical University, 2013. 162 p. (In Russ.)
13. Egorova N. N., Kulagin A. A. Variability of the anatomical structure of the assimilation apparatus and conductive roots of the common pine in extreme forest conditions. *Izvestia of the Orenburg State Agrarian University*, 2014, no. 6 (50), pp. 52—54. (In Russ.)
14. Zvereva G. K. Structural organization of the mesophyll of needles in species of the genus *Pinus* (Pinaceae). *Botanical Journal*, 2014, vol. 99, no. 10, pp. 1101—1109. (In Russ.)
15. Iozus A. P., Morozova E. V. Morphological and anatomical features of pine needles of different geographical origin in geographical cultures of the Volgograd region. *Modern problems of science and education*, 2015, no. 4, pp. 12—18. (In Russ.)
16. Voitsekovskaya S. A., Yumagulova E. R., Surnina E. N., Astafurova T. P. Investigation of physiological and biochemical parameters of pine needles (*Pinus sylvestris* L.) of swamp and forest populations. *Bulletin of Tomsk State University. Biology*, 2013, no. 3 (23), pp. 111—119. (In Russ.)

17. Klimov B. B., Gryazkin A. V., Gavrilova O. I. Features of natural regeneration of pine under the canopy of dry pine forests of Buryatia. *Izvestia of the Saint Petersburg Forestry Academy*, 2024, no. 248, pp. 123—137. (In Russ.)
18. Sobolev A. N., Feklistov P. A., Gryazkin A. V., Gavrilova O. I. Features of the assimilation apparatus of isolated pine populations (Bolshoy Solovetsky Island in the White Sea). *Forest Bulletin*, 2023, no. 4, pp. 5—11. (In Russ.)
19. Ilintsev A., Bogdanov A., Nakvasina E. The natural recovery of disturbed soil, plant cover and trees after clear-cutting in the Boreal Forests, Russia. *Forests*, 2020, vol. 13, iss. 6, pp. 531—540. doi: 10.3832/for3371-013.
20. Galdina T. E., Khazova E. P. The influence of climatogeographic factors on the adaptability of the common pine. *Forestry Engineering Journal*, 2020, vol. 10, no. 3 (39), pp. 35—42. doi: 10.34220/issn.2222-7962/2020.3/4. (In Russ.)
21. Ryakhin V. A., Sinkevich S. M. Natural regeneration in the green moss pine forests of central Karelia. *Izvestia of the Forest Engineering Faculty of PetrSU*. Petrozavodsk, Publishing house PetrSU, 2005, iss. 5, pp. 92—95. (In Russ.)
22. Lilja S., Kuuluvainen T. Structure of old *Pinus sylvestris* dominated forest stands along a geographical and human impact gradient in mid-boreal Fennoscandia. *Silva fennica*, 2005, no. 39 (3), pp. 407—428.
23. Mollaeva M. Z. Morphometric parameters of the assimilation apparatus of the common pine in the mountains of the Central Caucasus. *Forest science*, 2021, no. 4, pp. 406—414. doi: 10.31857/S0024114821040082. (In Russ.)
24. Hansen W. D., Braziunas K. H., Rammer W., Seidl R., Turner M. G. It takes a few to tango: Changing climate and fire regimes can cause regeneration failure of two subalpine conifers. *Ecology*, 2018, no. 99, pp. 966—977. doi: 10.1002/ecy.
25. Braziunas K. B., Hansen W. D., Seidl R., Rammer W., Turner M. G. Looking beyond the mean: Drivers of variability in postfire stand development of conifers in Greater Yellowstone. *For. Ecol. Manage*, 2018, no. 430, pp. 460—471. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.034>.
26. Monica G. Turner, Kristin H. Braziunas, Winslow D. Hansen, Brian J. Harvey. Short-interval severe fire erodes the resilience of subalpine lodgepole pine forests. *PNAS*, 2019, June 4, no. 116 (23), pp. 11319—11328. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1902841116>.
27. Pritchard S. J., Stevens-Rumann C. S., Hessburg P. F. Tamm review: Shifting global fire regimes: Lessons from reburns and research needs. *For. Ecol. Manage*, 2017, no. 396, pp. 217—233. doi: 10.1016/J.FORECO.201703.035.
28. Turkyilmaz A., Sevik H., Cetin M. The use of perennial needles as biomonitors for recently accumulated heavy metals. *Landscape and Ecological Engineering*, 2018, no. 14 (1), pp. 115—120. doi: 10.1007/s11355-017-0335-9.
29. McCarthy N., Niclas Scott Bentsen, Ian Willoughby Philippe. The state of forest vegetation management in Europe in the 21st century. *Eur. J. Forest. Res.*, 2011, no. 130, pp. 7—16.
30. Gryazkin A. V. Patent 2084129 RF, MCI C 6 A 01 G 23/00. The method of accounting for undergrowth. No. 94022328/13; Application. 06/10/94; Publ. 07/20/97, Office No. 20. (In Russ)
31. Gryazkin A. V. The influence of the method on the accuracy and reliability of the research results. *Izvestia of the Saint Petersburg Forestry Academy*. Saint Petersburg, 1999, pp. 12—18. (In Russ)