



## ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКОГО ИНДЕКСА ГРАДУСО-ДНЕЙ НА ВИТАЛИТЕТ 3-ЛЕТНИХ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ИЗ СОРТИРОВАННЫХ ПО СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ СЕМЯН

Татьяна П. Новикова<sup>1</sup>✉, novikova\_tp.vglta@mail.ru 0000-0003-1279-3960

Вероника И. Малышева<sup>1,2</sup>, veronika081088@gmail.com 0000-0002-3748-1886

Евгений П. Петрищев<sup>1</sup>, petrishchev.vgltu@mail.ru 0000-0002-1395-3631

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Россия

<sup>2</sup>ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии», ул. Ломоносова, 105, г. Воронеж, 394087, Россия

Природно-производственные условия произрастания ювенильных деревьев сосны обыкновенной при лесовосстановлении обуславливают проведение исследования степени взаимосвязи экзогенных температурных факторов и технологических процессов сортирования семян с качеством лесного репродуктивного материала. Биометрические параметры определяли для третьего вегетационного периода (VP-III) произрастания культур сосны обыкновенной, высаженных в осенний период на постпирогенный участок контейнерными (1+0) сеянцами, выращенными из кондиционных по спектрометрическим свойствам семян. Оценку корреляционной взаимосвязи средних вариант индекса градусо-дней GDD, а также средних вариант индексов виталитета проводили по методу Спирмена на базе пакета прикладных программ SPSS Statistics. Степень влияния индекса градусо-дней на индекс DQI культур сосны обыкновенной на 3 вегетационном периоде после пересадки контейнерных сеянцев (1+0), выращенных из семян разных спектрометрических фракций, характеризуется слабой положительной корреляцией ( $r = 0,170$ ;  $p = 0,05$ ). Технологический процесс сепарирования светлой фракции семян сосны обыкновенной для производства контейнерных сеянцев демонстрирует у высаженных культур в конце VP-III лучшие индексы виталитета, статистически значимо ( $p = 0,05$ ) отличающиеся от других спектрометрических групп в рамках природно-производственных условий данного исследования.

**Ключевые слова:** лесовосстановление, сортирование лесных семян, сосна обыкновенная, виталитет, градусо-дни, контейнерные сеянцы


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


**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.


**Для цитирования:** Новикова Т. П. Влияние климатического индекса градусо-дней на виталитет 3-летних сеянцев сосны обыкновенной из сортированных по спектрометрическим свойствам семян / Т. П. Новикова, В. И. Малышева, Е. П. Петрищев // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 12. – № 1 (45). – С. 110–118. – Библиогр.: с. 115–117 (17 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.1/9>.

**Поступила:** 01.03.2022 **Принята к публикации:** 30.03.2022 **Опубликована онлайн:** 01.04.2022

## THE INFLUENCE OF THE CLIMATIC INDEX OF DEGREE-DAYS ON THE VITALITY OF 3-YEAR-OLD SEEDLINGS OF SCOTS PINE FROM SEEDS GRADED BY SPECTROMETRIC FEATURES

Tatyana P. Novikova<sup>1</sup>✉, novikova\_tp.vglta@mail.ru  0000-0003-1279-3960

Veronika I. Malysheva<sup>1,2</sup>, veronika081088@gmail.com  0000-0002-3748-1886

Evgeniy P. Petrishchev<sup>1</sup>, petrishchev.vgltu@mail.ru  0000-0002-1395-3631

<sup>1</sup>Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation

<sup>2</sup>All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Lomonosova str., 105, Voronezh, 394087, Russian Federation

### Abstract

The natural and production conditions of the growth of scots pine during forest restoration determine the research of the degree of interrelation of exogenous temperature factors with and technological processes of seed sorting with the quality of forest reproductive material. Descriptive statistics of biometric parameters of the height and diameter of the root neck were determined for the first, second, and third growing periods of individuals of Scots pine obtained by autumn transplanting containerized (1+0) seedlings sprouted from seeds conditioned by spectrometric properties to a post-pyrogenic site. The correlation relationship of the average variant of the exogenous index of degree days GDD, as well as the average variant of vitality indices was evaluated using the Spearman method based on the SPSS Statistics application software package. The degree of influence of the exogenous degree-day index on the DQI index of Scots pine crops in the 3rd growing season after transplanting containerized seedlings (1+0) sprouted from seeds of different spectrometric fractions is characterized by a weak positive correlation ( $p = 0.170$ ;  $p = 0.05$ ). The technological process of separating the light fraction of Scots pine seeds for the production of containerized seedlings demonstrates the best vitality indices in transplanted crops at the end of VP-III, statistically significantly ( $p = 0.05$ ) differing from other spectrometric groups within the natural production conditions of this study.

**Keywords:** reforestation, sorting of forest seeds, Scots pine, vitality, degree days, container seedlings

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

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

**For citation:** Novikova T. P., Malysheva V. I., Petrishchev E. P. (2022) The influence of the climatic index of degree-days on the vitality of 3-year-old seedlings of Scots pine from seeds graded by spectrometric features. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 12, No. 1 (45), pp. 110-118 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.1/9>.

**Received:** 01.03.2022 **Revised:** 25.03.2022 **Accepted:** 30.03.2022 **Published online:** 01.04.2022

### Введение

Рациональный выбор принципов лесовосстановления требует постепенного изучения влияния укрупненных технологических групп [1] деконструированного алгоритма лесовосстановления [2] с учетом природно-производственных условий произрастания. Основной древесной породой для

исследования установлена имеющая широкий ареал распространения сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), семена которой технологически имеют разнообразный спектр признаков для повышения их предпосевной кондиционности [3, 4]. При рассмотрении влияния операции сортирования семян [5] по спектрометрическому признаку [6, 7] укруп-

ненной V технологической группы [1] алгоритма лесовосстановления на онтогенез ювенильных культур [8] необходимо включать экзогенные критерии [9].

Изменение климата, по результатам Тамм-обзора, может вызывать разнообразные структурные реакции бореальных лесов России [10]. Морфологические атрибуты сосны обыкновенной, как следует из онтогенетического атласа, «во всех онтогенетических состояниях меняются в зависимости от их виталитета, определяемого эндогенными и экзогенными факторами [11]». Качество лесовосстановительного производства может быть оценено широким набором экзогенных критериев, важным из которых является климатический.

Одним из основных компонентов климатического набора, характеризующим и определяющим рост и развитие древесных пород, является показатель «*Growing Degree-Days*» (GDD) – градусо-дней роста. Наблюдаемая исследователями «*сильная корреляция между градусо-днями и средней температурой месяца с мая по сентябрь* [12]» подтверждает возможность использования данного критерия для оценки онтогенеза пересаженных на восстанавливаемую после пирогенной нагрузки площадь контейнерных семян сосны обыкновенной. Критерий широко применяется для оценки сроков высева и посадки культур в сельском и лесном хозяйстве, а также при прогнозировании сроков сбора лесосеменного сырья (шишек) в лесном хозяйстве. Так, M. Fullarton отмечает, что «*white spruce needs a minimum of 1000 GDD before collections begin*» [13].

Для оценки качества ювенильных культур древесных пород (их жизнестойкости или виталитета) используется индекс качества Диксона (DQI). Расчет и сравнение индекса Диксона является довольно надежной и распространенной практикой. Первоначально он был разработан для *Picea abies* L. H. Karst. и *Pinus strobus* L. (Dickson et al. 1960), при этом доказано, что он обеспечивает объективный инструмент для оценки качества саженцев [14, 15].

<sup>1</sup> минимум 1000 градусо-дней для начала сбора шишек белой ели (англ.)

Целью исследования является оценка степени влияния экзогенного индекса градусо-дней на индекс виталитета культур сосны обыкновенной на 3 вегетационном периоде после пересадки контейнерных семян (1+0), проросших из семян разных спектротрических фракций.

### Материалы и методы

На основании разницы климатических данных о среднесуточной температуре воздуха за три вегетационных периода и термофизиологического минимума начала вегетации сосны обыкновенной рассчитывали индекс градусо-дней GDD, представленный на рис. 1. Термофизиологический минимум начала вегетации для сосны обыкновенной устанавливали +5 °C, исходя из рекомендаций [16].

В конце третьего вегетационного периода были непосредственно измерены у всех деревьев сосны обыкновенной в поле высота дерева (SH, см, точность 0,1 см, стальная линейка), диаметр стволика в районе корневой шейки в двух взаимоперпендикулярных направлениях (RCD, мм, точность 0,1 мм, цифровой штангенциркуль). Затем в рандомизированном порядке были извлечены из каждой технологической группы (по спектротрическому признаку семян) по 21 образцу для измерения в лабораторных условиях следующих массовых параметров: сухой массы всего растения (plant dry weight, PDW, цифровые весы, точность 0,001 г), сухой массы надземной части растения (shoot dry weight, SDW), сухой массы подземной части растения (root dry weight, RDW).

На основании полученных измерений линейных и массовых параметров культур сосны обыкновенной рассчитывали следующие показатели качества (индексы виталитета):

1. Индекс выносливости (sturdiness quotient, SQ)

$$SQ = SH \cdot RCD^{-1}; \quad (1)$$

2. Индекс сбалансированности – отношение сухой массы надземной части растения к подземной части растения (shoot-to-root dry ratio)

$$SRR = SDW \cdot RDW^{-1}; \quad (2)$$

3. Индекс объема – надземной части растения (aerial plant volume, APV)

$$APV = 1/3\pi \cdot SH \cdot (RCD/2)^2; \quad (3)$$

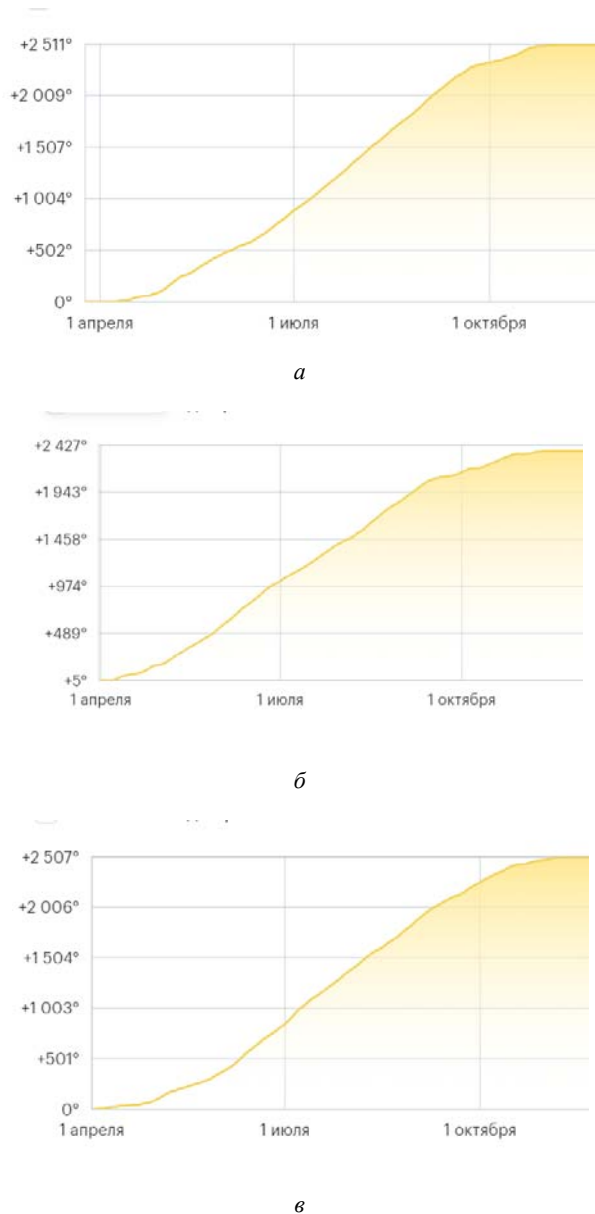


Рис. 1. Накопление GDD-индекса на вегетационных периодах роста пересаженных контейнерных сеянцев (1+0) сосны обыкновенной  
*a* – I (07.04.2018-01.04.2019);  
*б* – II (31.03.2019-01.04.2020);  
*в* – III (02.04.2020-30.03.2021)

Figure 1. GDD-index accumulation during the growing season of outplanted Scots pine containerized seedlings (1+0); *a* – I (07.04.2018-01.04.2019); *б* – II (31.03.2019-01.04.2020); *в* – III (02.04.2020-30.03.2021)

Источник: собственные вычисления авторов  
 Source: own calculations

4. Индекс качества Диксона (Dickson's quality index, DQI)

$$DQI = PDW \cdot (SQ + SRR)^{-1}. \quad (4)$$

Перед статистической обработкой в программе SPSS Statistics, версия 25, данные были стандартизированы, при этом различия в уровнях сортирования семян по спектрометрическому признаку были одинаковыми. Для всех сравниваемых индексов виталитета исследуемых ювенильных деревьев сосны обыкновенной на третьем вегетационном периоде рассчитывали показатели описательной статистики, иллюстрируя их ящичной диаграммой. Для сравнения различий виталитета в зависимости от сортирования семян по спектрометрическому признаку использовали специальный апостериорный тест HSD Тьюки (для всех парных тестов).

Для определения степени взаимосвязи между индексами градусо-дней и виталитета исследуемых культур сосны обыкновенной в разных технологических группах по разделению семян после проверки нормальности распределения вариант с помощью накопленных частот (P-P Plots) применяли корреляционный анализ на основе критерия Спирмена с определением двустороннего уровня значимости *p*.

### Результаты и их обсуждение

Вариации средних значений индексов виталитета представлены на рис. 2. Варианты индексов представляют собой комплексные величины, рассчитанные на основании измеренных биометрических и биомассовых параметров трехлетних культур сосны обыкновенной. Оценка взаимосвязи между индексом градусо-дней и ними представлена в табл. 1 на основании корреляции Спирмена.

Средние варианты индекса объема APV (рис. 2), тесно положительно коррелирующего с DQI, характеризующего степень адаптации растения к климатическим условиям [17], статистически значимо ( $p = 0.05$ ) отличаются между культурами, полученными из светлой и других спектрометрических групп семян.

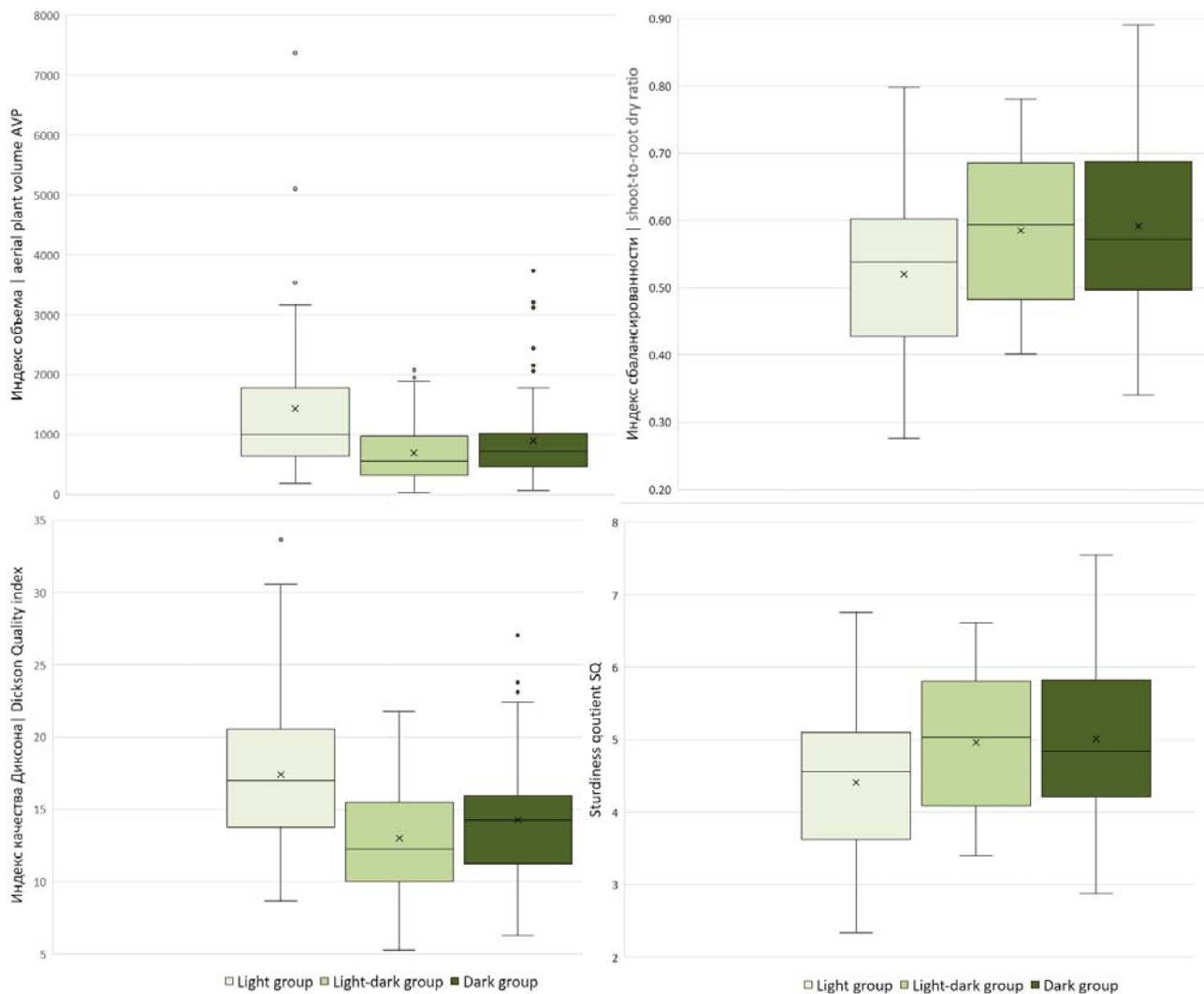


Рис. 2. Диаграмма распределения вариант индексов виталитета культур сосны обыкновенной

Figure 2. Boxplot of vitality index of Scots pine seedlings

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's composition

Средние варианты индекса сбалансированности SRR (рис. 2), характеризующего баланс между водоиспаряющей и водопоглощающей поверхностями единичного дерева сосны обыкновенной, статистически значимо ( $p = 0.05$ ) отличаются между культурами, полученными из светлой и других спектрометрических групп семян.

Средние варианты индекса выносливости SQ (рис. 2), характеризующего устойчивость культуры сосны обыкновенной к ветровой нагрузке, статистически значимо ( $p = 0.05$ ) отличаются между культурами, полученными из светлой и других спектрометрических групп семян. Более того, сни-

жение величины индекса по абсолютному значению, преимущественно на ветреных и засушливых участках природно-производственных условий произрастания, предполагает лучшую адаптацию.

Средние варианты комплексного индекса качества DQI (рис. 2), характеризующего способность растений выживать и расти в полевых условиях, статистически значимо ( $p = 0.05$ ) отличаются между культурами, полученными из светлой и других спектрометрических групп семян. Более того, увеличение величины индекса по абсолютному значению предполагает лучшую производительность.

Мера совместной изменчивости вариант – индекса градусо-дней и комплексного индекса ка-

чества культур сосны обыкновенной в конце третьего вегетационного периода после посадки на постпирогенный участок – характеризуется слабой положительной связью  $\rho = 0,170$  на уровне значимости  $p = 0,05$  (табл. 1).

Мера совместной изменчивости двух вариант – индекса выносливости и индекса сбалансированности – характеризуется сильной положительной связью  $\rho = 0,923$  на уровне значимости  $p = 0,01$ .

Мера совместной изменчивости двух вариант – индекса объема APV и комплексного индекса качества DQI – характеризуется сильной положительной связью  $\rho = 0,970$  на уровне значимости  $p = 0,01$ .

## Заключение

1. Степень влияния экзогенного индекса градусо-дней на индекс DQI культур сосны обыкновенной на 3 вегетационном периоде после посадки контейнерных сеянцев (1+0), выращенных из семян разных спектрометрических фракций, характеризуется слабой положительной корреляцией.

2. Для данного конкретного исследования процесс сепарирования светлой фракции семян сосны обыкновенной для производства контейнерных сеянцев демонстрирует у высаженных культур в конце VP-III лучшие индексы виталитета, статистически значимо ( $p = 0,05$ ) отличающиеся от других спектрометрических групп.

Таблица 1

Корреляции Спирмена между индексом градусо-дней и индексами виталитета культур сосны обыкновенной в конце 3 вегетационного периода после пересадки на постпирогенный экспериментальный участок контейнерных сеянцев (1+0)

Table 1

Spearman correlations between the GDD index and indices of the vitality of Scots pine crops at the end of the 3rd growing season after transplanting containerized seedlings (1+0)

Индексы   Indexes		GDD	SQ	SRR	APV	DQI
GDD	Корреляция   Correlation	1	-0,138	-0,141	0,159*	0,170*
	Значимость   Significance		0,073	0,067	0,038	0,027
SQ	Корреляция   Correlation	-0,138	1	0,923**	-0,428**	-0,610**
	Значимость   Significance	0,073		0,000	0,000	0,000
SRR	Корреляция   Correlation	-,141	0,923**	1	-0,427**	-0,609**
	Значимость   Significance	0,067	0,000		0,000	0,000
APV	Корреляция   Correlation	0,159*	-0,428**	-0,427**	1	0,970**
	Значимость   Significance	0,038	0,000	0,000		0,000
DQI	Корреляция   Correlation	0,170*	-0,610**	-0,609**	0,970**	1
	Значимость   Significance	0,027	0,000	0,000	0,000	

\*\* - Корреляция значима на уровне  $p = 0,01$  (двухсторонняя). \* | Корреляция значима на уровне  $p = 0,05$ .  
Correlation is significant at the level of  $p = 0.01$  (two-way) | Correlation is significant at the level of  $p = 0.05$  (two-way)

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

## Список литературы

1. Novikova T. P. Study of a set of technological operations for the preparation of coniferous seed material for reforestation. *For. Eng. J.* **2021**, *11*, 150–160, doi:10.34220/issn.2222-7962/2021.4/13.
2. Novikova T. P. The Choice of a Set of Operations for Forest Landscape Restoration Technology. *Inventions* **2022**, *7*, 1, doi:10.3390/inventions7010001.
3. Novikov A. I., Ersson B. T., Malyshev V. V., Petrishchev E. P., Ilunina A. A. Mechanization of coniferous seeds grading in Russia: a selected literature analysis. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **2020**, *595*, 012060, doi:10.1088/1755-1315/595/1/012060.

4. Novikov A. I., Ivetić V. The effect of seed size grading on seed use efficiency and height of one-year-old container-grown Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings. *Reforesta* **2018**, *6*, 100–109, doi:10.21750/REFOR.6.08.61.
5. Novikov A. I., Zolnikov V. K., Novikova T. P. Grading of Scots Pine Seeds by the Seed Coat Color: How to Optimize the Engineering Parameters of the Mobile Optoelectronic Device. *Inventions* **2021**, *6*, 7, doi:10.3390/inventions6010007.
6. Novikov A. I. Visible wave spectrometric features of Scots pine seeds: the basis for designing a rapid analyzer. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **2019**, *226*, 012064, doi:10.1088/1755-1315/226/1/012064.
7. Novikov A., Lisitsyn V., Tigabu M., Tylek P., Chuchupal S. Detection of Scots Pine Single Seed in Optoelectronic System of Mobile Grader: Mathematical Modeling. *Forests* **2021**, *12*, 240, doi:10.3390/f12020240.
8. Novikov A. I., Ivetić V. The effect of seed coat color grading on height of one-year-old container-grown Scots pine seedlings planted on post-fire site. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **2019**, *226*, 012043, doi:10.1088/1755-1315/226/1/012043.
9. Novikov A. I., Sokolov S. V., Drapalyuk M. V., Zelikov V. A., Ivetić V. Performance of Scots Pine Seedlings from Seeds Graded by Colour. *Forests* **2019**, *10*, 1064, doi:10.3390/f10121064.
10. Schaphoff S., Reyser C. P. O., Schepaschenko D., Gerten D., Shvidenko A. Tamm Review: Observed and projected climate change impacts on Russia's forests and its carbon balance. *For. Ecol. Manage.* **2016**, *361*, 432–444, doi:10.1016/j.foreco.2015.11.043.
11. Жукова Л. А., Ведерникова О. П., Закамская Е. С. Онтогенез сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). *Онтогенетический атлас растений / Жукова Л. А. (ред.) ;* Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2013. С. 26–65. ISBN 978-5-94808-793-1.
12. Grigorieva E., Matzarakis A., de Freitas C. Analysis of growing degree-days as a climate impact indicator in a region with extreme annual air temperature amplitude. *Clim. Res.* **2010**, *42*, 143–154, doi:10.3354/cr00888.
13. Fullarton M. *Canadian Forest genetic association, Tree Seed Working Group: News Bulletin.* 2016, pp. 3–4.
14. Bian Z., Liu L., Ding, S. Analysis of forest landscape restoration based on landscape connectivity: A case study in the Yi river basin, China, during 2015–2020. *Land* **2021**, *10*, doi:10.3390/land10090904.
15. Köster E., Pumpanen J., Palviainen M., Zhou X., Köster K. Effect of biochar amendment on the properties of growing media and growth of containerized Norway spruce, Scots pine, and silver birch seedlings. *Can. J. For. Res.* **2021**, *51*, 31–40, doi:10.1139/cjfr-2019-0399.
16. Novikov A. I. Improvement of technology for obtaining high-quality forest seed material: advanced Doctoral Thesis, Voronezh State University of Forestry and Technologies, 2021.
17. Dushimimana C., Magomere T., Mulatya J. et al. Variation of Morphological Traits and Quality Indices of Micropropagated *Melia volkensii* Gürke Clones before Field Planting. *Forests* **2022**, *13*, 337, doi:10.3390/f13020337.

### References

1. Novikova T. P. Study of a set of technological operations for the preparation of coniferous seed material for reforestation. *For. Eng. J.* **2021**, *11*, 150–160, doi:10.34220/issn.2222-7962/2021.4/13.
2. Novikov T. P. The Choice of a Set of Operations for Forest Landscape Restoration Technology. *Inventions* **2022**, *7*, 1, doi:10.3390/inventions7010001.
3. Novikov A. I., Ersson B. T., Malyshev V. V., Petrishchev E. P., Ilunina A. A. Mechanization of coniferous seeds grading in Russia: a selected literature analysis. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **2020**, *595*, 012060, doi:10.1088/1755-1315/595/1/012060.
4. Novikov A. I., Ivetić V. The effect of seed size grading on seed use efficiency and height of one-year-old container-grown Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings. *Reforesta* **2018**, *6*, 100–109, doi:10.21750/REFOR.6.08.61.
5. Novikov A. I., Zolnikov V. K., Novikova T. P. Grading of Scots Pine Seeds by the Seed Coat Color: How

- to Optimize the Engineering Parameters of the Mobile Optoelectronic Device. *Inventions* **2021**, 6, 7, doi:10.3390/inventions6010007.
6. Novikov A. I. Visible wave spectrometric features of Scots pine seeds: the basis for designing a rapid analyzer. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **2019**, 226, 012064, doi:10.1088/1755-1315/226/1/012064.
  7. Novikov A., Lisitsyn V., Tigabu M., Tylek P., Chuchupal S. Detection of Scots Pine Single Seed in Optoelectronic System of Mobile Grader: Mathematical Modeling. *Forests* **2021**, 12, 240, doi:10.3390/f12020240.
  8. Novikov A. I., Ivetić V. The effect of seed coat color grading on height of one-year-old container-grown Scots pine seedlings planted on post-fire site. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **2019**, 226, 012043, doi:10.1088/1755-1315/226/1/012043.
  9. Novikov A. I., Sokolov S. V., Drapalyuk M. V., Zelikov V. A., Ivetić V. Performance of Scots Pine Seedlings from Seeds Graded by Colour. *Forests* **2019**, 10, 1064, doi:10.3390/f10121064.
  10. Schaphoff S., Reyer C. P. O., Schepaschenko D., Gerten D., Shvidenko A. Tamm Review: Observed and projected climate change impacts on Russia's forests and its carbon balance. *For. Ecol. Manage.* **2016**, 361, 432–444, doi:10.1016/j.foreco.2015.11.043.
  11. Zhukova L. A., Vedernikova O. P., Zakamskaya E. S. Ontogenesis of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). In: Ontogenetic atlas of plants (Mar. State University). Yoshkar-Ola, 2013; pp. 26–65 (in Russian). ISBN 978-5-94808-793-1.
  12. Grigorieva E., Matzarakis A., de Freitas C. Analysis of growing degree-days as a climate impact indicator in a region with extreme annual air temperature amplitude. *Clim. Res.* **2010**, 42, 143–154, doi:10.3354/cr00888.
  13. Fullarton M. *Canadian Forest genetic association, Tree Seed Working Group: News Bulletin*. 2016, pp. 3–4.
  14. Bian Z., Liu L., Ding, S. Analysis of forest landscape restoration based on landscape connectivity: A case study in the Yi river basin, China, during 2015–2020. *Land* **2021**, 10, doi:10.3390/land10090904.
  15. Köster E., Pumpanen J., Palviainen M., Zhou X., Köster K. Effect of biochar amendment on the properties of growing media and growth of containerized Norway spruce, Scots pine, and silver birch seedlings. *Can. J. For. Res.* **2021**, 51, 31–40, doi:10.1139/cjfr-2019-0399.
  16. Novikov A. I. Improvement of technology for obtaining high-quality forest seed material: advanced Doctoral Thesis, Voronezh State University of Forestry and Technologies, 2021.
  17. Dushimimana C., Magomere T., Mulatya J. et al. Variation of Morphological Traits and Quality Indices of Micropropagated *Melia volkensii* Gürke Clones before Field Planting. *Forests* **2022**, 13, 337, doi:10.3390/f13020337

### Сведения об авторах

✉ *Новикова Татьяна Петровна* – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры компьютерных технологий и микроэлектронной инженерии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1279-3960>, e-mail: [novikova\\_tp.vglta@mail.ru](mailto:novikova_tp.vglta@mail.ru).

*Мальшева Вероника Игоревна* – аспирант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»; младший научный сотрудник, ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии», ул. Ломоносова, 105, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3748-1886>, e-mail: [Veronika081088@gmail.com](mailto:Veronika081088@gmail.com).

*Петрищев Евгений Петрович* – аспирант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1395-3631>, e-mail: [petrishchev.vgltu@mail.ru](mailto:petrishchev.vgltu@mail.ru).



### Information about the authors

✉ *Tatyana P. Novikova* – Cand. Sci. (Engineering), Docent, Associate Professor of the Department of Computer Technology and Microelectronic Engineering, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1279-3960>, e-mail: [novikova\\_tp.vglta@mail.ru](mailto:novikova_tp.vglta@mail.ru).

*Veronika I. Malysheva* – Postgraduate Student (Forestry), Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation; junior research assistant, All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, 105 Lomonosova str., Voronezh, 394087, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3748-1886>, e-mail: [Veronika081088@gmail.com](mailto:Veronika081088@gmail.com).

*Evgeniy P. Petrishchev* – Postgraduate Student (Tech.), Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 8, Timiryazeva str., Voronezh, 394087, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1395-3631>, e-mail: [petrishchev.vgltu@mail.ru](mailto:petrishchev.vgltu@mail.ru).

✉ – Для контактов/Corresponding author