

А.А. Шишкина, Н.Н. Карпун

## ВЛИЯНИЕ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ НА РОСТ КЛИМАТИПОВ СОСНЫ, ПОРАЖЕННЫХ КОРНЕВОЙ ГУБКой

*Введение.* Географические культуры создаются с целью изучения особенностей роста разных климатипов лесных пород в новых условиях местопроизрастания. Для этого проводят оценку их сохранности, продуктивности, урожайности и других показателей [Писаренко и др., 1992; Кузьмина, Кузьмин, 2009; Мерзленко и др., 2017]. В настоящее время географические культуры признаны ценными объектами для прогнозирования последствий изменения климата для древесных растений [Никифорчин и др., 2020; Чупров и др., 2021; Matías, Jump, 2013; Matisons et al., 2021; Szeligowski et al., 2023]. В связи с этим актуально изучение влияния метеоусловий на рост климатипов и оценка их реакции на такие факторы, как засуха и повышение средней температуры воздуха.

Интересным опытным объектом являются географические культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) Серебряноборского опытного лесничества, расположенные западнее Москвы на территории Московской области. Посадки были созданы в 1948–1950 гг. под руководством профессора Л.Ф. Правдина. Семенной материал в этом эксперименте характеризуется значительным географическим охватом – 34 района бывшего СССР (от Мурманска до Кавказа и от Риги до Улан-Удэ) [Серебряноборское..., 2010; Мерзленко и др., 2017]. По результатам многолетних исследований коллектива ученых Института лесоведения РАН по лесоводственному эффекту были выявлены существенные различия между климатипами [Мерзленко и др., 2014, 2017; Глазунов и др., 2015, 2016; Мельник и др., 2017]. В ходе роста культур возникла проблема поражения их корневой губкой *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., опасным патогеном сосны [Негруцкий, 1973; Синадский, 1983; La Porta et al., 2008]. В 2014–2023 гг. на этих участках была проведена сравнительная оценка фитопатологического состояния климатипов на постоянных пробных площадях [Шишкина, Колганихина, 2016; Шишкина, Карпун, 2024]. Степень поражения корневой губкой разных климатипов была неодинаковой. В последнее десятилетие в этих культурах продолжалось активное развитие

очагов усыхания [Шишкина, Карпун, 2024]. Представляет интерес изучение причин разной устойчивости отдельных климатипов с целью ответа на вопрос, какое влияние на рост сосны разного происхождения оказывают климатические условия района испытания.

Цель настоящего исследования — оценка степени влияния погодноклиматических факторов на радиальный прирост деревьев сосны у климатипов с разной степенью устойчивости к корневой губке.

**Материалы и методика исследования.** Объектом исследования стали географические культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) Серебряноборского опытного лесничества Института лесоведения РАН (Московская область). Для изучения влияния погодных условий на рост сосны в 2023 г. произвели отбор дендрохронологических образцов (кernов) по стандартным методикам, разработанным для решения лесоводственных задач [Румянцев, 2010]. Керны отбирали у четырех климатипов сосны с разной степенью поражения корневой губкой (табл. 1).

Таблица 1

**Описание обследованных климатипов сосны с разной степенью поражения корневой губкой в географических культурах Серебряноборского опытного лесничества**

**Description of the surveyed pine climatypes with varying degrees of damage by annosum root rot in Scots pine provenance trials of Serebryanoborskoe experimental forestry**

| Климатип                                                | Климатические особенности района происхождения климатипа [Леса СССР, 1966; Леса СССР, 1969] |                       |                                                | Пораженность корневой губкой, % по запасу | Средний класс Крафта пораженных корневой губкой деревьев | Степень поражения климатипа корневой губкой |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
|                                                         | Среднегодовая температура воздуха, °С                                                       | Годовая сумма осадков | Продолжительность вегетационного периода, мес. |                                           |                                                          |                                             |
| Бурятия, Улан-Удэ                                       | –3,0                                                                                        | 241–255               | 5,0                                            | 30,2                                      | 3,57                                                     | сильная                                     |
| Алтай, Змеиногорск                                      | 1,0                                                                                         | 400–450               | 5,5                                            | 18,1                                      | 3,45                                                     | средняя                                     |
| Беларусь, Брестская область, Дрогичин                   | 7,3                                                                                         | 530–570               | 7,0                                            | 15,1                                      | 3,46                                                     | средняя                                     |
| Московская область, Павловский Посад (местный климатип) | 5,0                                                                                         | 550–600               | 6,0                                            | 4,4                                       | 3,73                                                     | слабая                                      |

У каждого климатипа отбирали по 20–22 кернa, при этом учитывали представленность деревьев по категориям состояния согласно ранее проведенным пересчетам на пробных площадях [Шишкина, Карпун, 2024]. Полученный временной ряд охватывает период 1967–2022 гг. (56 лет). Для оценки реакции сосны на изменения метеоусловий были приняты индексы радиального прироста, которые рассчитывали путем деления ширины годичного кольца текущего года на среднюю ширину годичного кольца за предшествующие пять лет. Для дальнейших расчетов использовали усредненные индексы прироста по всем учетным деревьям каждого климатипа. У полученных хронологий вычисленные значения выраженного сигнала популяции (EPS) составили от 0,94 до 0,98, т. е. в соответствии с принятым пороговым значением  $\text{EPS} \geq 0,85$ , хронологии могут считаться достаточно представительными [Wigley et al., 1984].

При анализе погодных данных использовали архив погоды на метеостанции ВДНХ (Москва), размещенный на сайте [www.gp5.ru](http://www.gp5.ru) [Архив..., 2023]. Протяженность рядов погодных данных, использованных в исследовании, составляет 56 лет (с 1967 по 2022 гг.). В качестве метеопараметров были выбраны количество осадков, среднемесячная температура по месяцам вегетационного периода и показатель влагообеспеченности вегетационного периода – гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК). Дополнительно рассматривали метеоусловия сентября–декабря года, предшествующего году формирования прироста.

Наличие связи между величиной индекса прироста и метеопараметрами определяли в ходе корреляционного анализа с помощью вычисления коэффициента корреляции Пирсона. Для оценки силы связи применяли шкалу Чеддока, по которой коэффициент корреляции равный 0,1–0,3 соответствует слабой связи, 0,3–0,5 – умеренной, 0,5–0,7 – заметной, 0,7–0,9 – высокой, 0,9–0,99 – весьма высокой.

*Результаты исследования.* Среди всех рассмотренных метеопараметров в большей степени на величину прироста влияла влагообеспеченность вегетационного периода (рис. 1). За период роста исследуемых культур наиболее засушливые условия сложились в 1967, 1992, 2002, 2010, 2011, 2014, 2019 и 2022 гг. В эти годы отмечен дружный спад приростов сосны у всех исследуемых климатипов (рис. 2).

В целом между значениями ГТК и величиной индекса прироста выявлена связь умеренной силы: у разных климатипов коэффициент корреляции (далее –  $r$ ) с уровнем значимости 0,05 составляет от 0,37 (Брестская область) до 0,51 (Алтайский край).

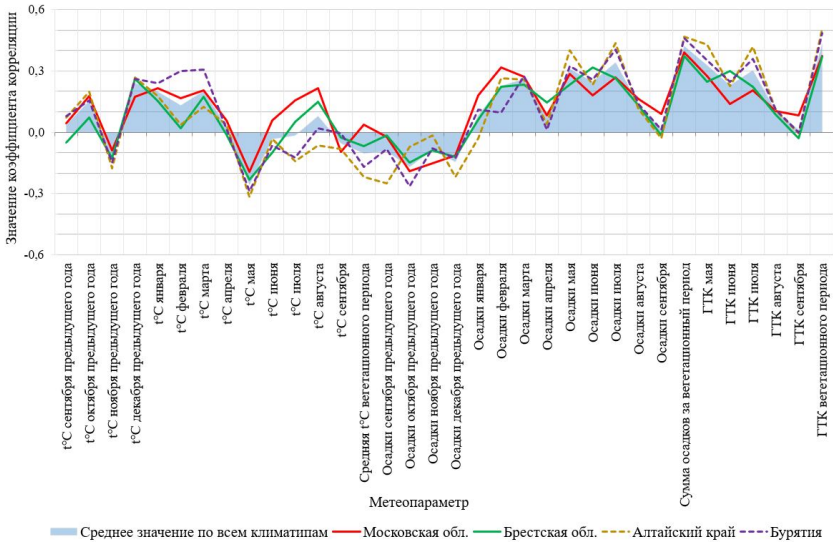


Рис. 1. Значение коэффициента корреляции между индексом прироста и различными метеопараметрами (средних по годам за период 1967–2022 гг.) (все метеопараметры, кроме отмеченных как «предыдущего года», приведены для текущего года образования прироста)

Fig. 1. The average value of the correlation coefficient between the growth index and various meteorological parameters (1967–2022) (all meteorological parameters, except those marked as «предыдущего года» (previous year), are given for the current year of growth formation)

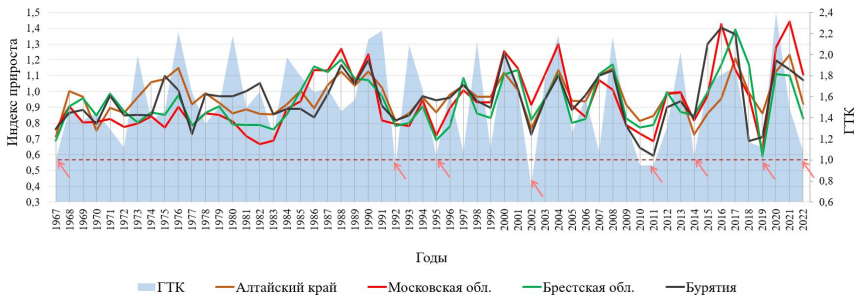


Рис. 2. Динамика индекса прироста климатипов сосны в географических культурах Серебряноборского опытного лесничества в связи с изменением значений ГТК по годам за период 1967–2022 гг. (стрелками отмечены наиболее засушливые погодные условия за период роста культур)

Fig. 2. Dynamics of pine trees growth indices in Scots pine provenance trials in Serebryanoborskoe Experimental Forestry in connection with changes in moisture availability during the growing season, 1967–2022 (the arrows indicate the driest weather conditions during the growth period)

Осадки в течение вегетационного периода также влияли на величину индекса прироста умеренно:  $r$  с уровнем значимости 0,05 составляет от 0,37 (Брестский климатип) до 0,47 (Бурятский климатип). По месяцам вегетационного периода наибольшая связь отмечена между величиной индекса прироста и количеством осадков за июль ( $r$  с уровнем значимости 0,05 составляет от 0,27 до 0,44), причем за последние 20 лет степень влияния количества осадков в июле на величину радиального прироста заметно усилилась (при рассмотрении временного интервала 2003–2022 гг.  $r$  между индексами прироста и количеством осадков с уровнем значимости 0,05 изменяется от 0,46 до 0,55). Следует отметить, что в этот период в июле часто наблюдался дефицит осадков.

Полученные данные подтверждают, что, хотя сосна обыкновенная считается породой, приспособленной к резким изменениям погодных условий [Правдин, 1964; Синадский, 1983], вследствие засухи у нее отмечается заметное снижение прироста. Подобные сведения согласуются с рядом публикаций [Матвеев, Чеботарев, 2002; Данчева, Меркель, 2020; Никифорчин и др., 2020]. Также есть результаты отечественных и зарубежных исследований, свидетельствующие о повышении уровня поражения сосняков корневой губкой после периодов с дефицитом влаги [Сингатуллин, 2017; Gori et al., 2013].

Негативное влияние засухи в обследованных культурах сосны Серебряноборского лесничества наиболее вероятно связано с тем, что они произрастают на участках, когда-то бывших в сельскохозяйственном пользовании. В почвах присутствует плужная подошва, являющаяся водоупором, способствующим возникновению дефицита влаги при отсутствии осадков и, наоборот, переувлажнению корней при обильных дождях. При изучении динамики распространения корневой губки в географических культурах нами отмечено, что активное развитие очагов усыхания началось после 2010–2011 гг., характеризовавшихся засушливыми условиями [Шишкина, Карпун, 2024].

Не было выявлено значимой связи между средней температурой воздуха вегетационного периода и величиной индексов прироста. У большинства климатипов взаимосвязь этих показателей оказалась слабой и обратной. По показателям среднемесячной температуры достоверная корреляция установлена только для сибирских климатипов по параметру «средняя температура мая» (связь умеренной силы и обратная). Также для сосны происхождением из Бурятии отмечена умеренная положительная связь между приростом и средней температурой февраля и марта.

Одновременно для всех климатипов установлена достоверная корреляция между индексами прироста и тремя взаимосвязанными метеопараметрами (табл. 2):

- влагообеспеченность вегетационного периода (ГТК);
- сумма осадков за вегетационный период;
- сумма осадков за июль.

Таблица 2

**Различия в реакции прироста сосны на погодные условия  
в географических культурах Серебряноборского опытного лесничества**

**Weather-growth responses of Scots pine in provenance trials  
of Serebryanoborskoe experimental forestry**

| Метеопараметр                      | Значение коэффициентов корреляции по климатипам |                |                |                     | Число достоверных значений коэффициентов корреляции |
|------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------|----------------|---------------------|-----------------------------------------------------|
|                                    | Бурятия                                         | Алтайский край | Брестская обл. | Московская обл. (К) |                                                     |
| t°C сентября предыдущего года      | 0,08                                            | 0,07           | -0,05          | 0,04                | 0                                                   |
| t°C октября предыдущего года       | 0,15                                            | 0,20           | 0,07           | 0,18                | 0                                                   |
| t°C ноября предыдущего года        | -0,15                                           | -0,18          | -0,13          | -0,09               | 0                                                   |
| t°C декабря предыдущего года       | 0,26                                            | <b>0,27</b>    | 0,26           | 0,17                | 1                                                   |
| Средняя t°C января                 | 0,24                                            | 0,18           | 0,15           | 0,22                | 0                                                   |
| Средняя t°C февраля                | <b>0,30</b>                                     | 0,04           | 0,02           | 0,17                | 1                                                   |
| Средняя t°C марта                  | <b>0,31</b>                                     | 0,12           | 0,17           | 0,20                | 1                                                   |
| Средняя t°C апреля                 | 0,02                                            | 0,04           | -0,01          | 0,06                | 0                                                   |
| Средняя t°C мая                    | <b>-0,29</b>                                    | <b>-0,32</b>   | -0,23          | -0,19               | 2                                                   |
| Средняя t°C июня                   | -0,07                                           | -0,03          | -0,10          | 0,06                | 0                                                   |
| Средняя t°C июля                   | -0,12                                           | -0,14          | 0,05           | 0,16                | 0                                                   |
| Средняя t°C августа                | 0,02                                            | -0,06          | 0,15           | 0,22                | 0                                                   |
| Средняя t°C сентября               | 0,00                                            | -0,08          | -0,03          | -0,10               | 0                                                   |
| Средняя t°C вегетационного периода | -0,17                                           | -0,22          | -0,07          | 0,04                | 0                                                   |
| Осадки сентября предыдущего года   | -0,08                                           | -0,25          | -0,01          | -0,02               | 0                                                   |
| Осадки октября предыдущего года    | <b>-0,26</b>                                    | -0,07          | -0,15          | -0,19               | 1                                                   |
| Осадки ноября предыдущего года     | -0,08                                           | -0,01          | -0,09          | -0,15               | 0                                                   |
| Осадки декабря предыдущего года    | -0,13                                           | -0,22          | -0,12          | -0,12               | 0                                                   |

Окончание табл. 2

| Метеопараметр                                       | Значение коэффициентов корреляции по климатипам |                |                |                     | Число достоверных значений коэффициентов корреляции |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------|----------------|---------------------|-----------------------------------------------------|
|                                                     | Бурятия                                         | Алтайский край | Брестская обл. | Московская обл. (К) |                                                     |
| Осадки января                                       | 0,11                                            | –0,03          | 0,06           | 0,18                | 0                                                   |
| Осадки февраля                                      | 0,10                                            | <b>0,26</b>    | 0,22           | <b>0,32</b>         | 2                                                   |
| Осадки марта                                        | <b>0,28</b>                                     | 0,26           | 0,23           | <b>0,27</b>         | 2                                                   |
| Осадки апреля                                       | 0,01                                            | 0,04           | 0,15           | 0,08                | 0                                                   |
| Осадки мая                                          | <b>0,32</b>                                     | <b>0,40</b>    | 0,23           | <b>0,29</b>         | 3                                                   |
| Осадки июня                                         | 0,26                                            | 0,23           | <b>0,32</b>    | 0,18                | 1                                                   |
| Осадки июля                                         | <b>0,40</b>                                     | <b>0,44</b>    | <b>0,26</b>    | <b>0,27</b>         | 4                                                   |
| Осадки августа                                      | 0,14                                            | 0,11           | 0,13           | 0,16                | 0                                                   |
| Осадки сентября                                     | 0,01                                            | –0,03          | –0,01          | 0,09                | 0                                                   |
| Сумма осадков за вегетационный период               | <b>0,46</b>                                     | <b>0,47</b>    | <b>0,37</b>    | <b>0,39</b>         | 4                                                   |
| ГТК мая                                             | <b>0,35</b>                                     | <b>0,43</b>    | 0,25           | <b>0,28</b>         | 3                                                   |
| ГТК июня                                            | 0,25                                            | 0,23           | <b>0,30</b>    | 0,14                | 1                                                   |
| ГТК июля                                            | <b>0,36</b>                                     | <b>0,42</b>    | 0,22           | 0,20                | 2                                                   |
| ГТК августа                                         | 0,11                                            | 0,11           | 0,08           | 0,10                | 0                                                   |
| ГТК сентября                                        | 0,00                                            | –0,01          | –0,03          | 0,08                | 0                                                   |
| ГТК вегетационного периода                          | <b>0,49</b>                                     | <b>0,51</b>    | <b>0,37</b>    | <b>0,37</b>         | 4                                                   |
| Число достоверных значений коэффициентов корреляции | 11                                              | 9              | 5              | 7                   | –                                                   |

*Примечание:* достоверные значения коэффициента корреляции при уровне значимости 0,05 выделены полужирным шрифтом

В связи с тем, что обследованные климатипы характеризуются разной степенью поражения корневой губкой, большой интерес представляют полученные выводы о наличии различий в их реакции на погодные условия. Установлено, что интенсивнее пораженные корневой губкой климатипы из Бурятии и Алтая сильнее зависят от влагообеспеченности вегетационного периода, чем Московский и Брестский климатипы, характеризующиеся меньшей степенью поражения (рис. 1).

У наиболее пораженного корневой губкой климатипа (из Бурятии) отмечено наибольшее число достоверных коэффициентов корреляции  $r$  и

наибольшее колебание его величины при различных метеопараметрах, следовательно, он более подвержен воздействию погодных факторов (табл. 2). На втором месте по степени влияния погодных условий на прирост оказался климатип из Алтая, который также характеризуется довольно высокой пораженностью корневой губкой (второе место по уровню поражения среди обследованных климатипов).

Наименьшее воздействие погодных условий на рост (меньше, чем у местного) наблюдается у климатипа из Брестской области Беларуси. Примечательно, что этот климатип показал ранее более высокую продуктивность по запасу стволовой древесины, чем сосна местного происхождения [Мерзленко и др., 2017]. Вероятно, это можно считать следствием выявленной в наших исследованиях устойчивости к действию погодно-климатических факторов.

*Обсуждение.* Полученные нами результаты показали, что обследованные климатипы, различающиеся степенью пораженности корневой губкой, характеризуются неодинаковой чувствительностью к влиянию погодно-климатических условий. Климатипы с более сильной степенью поражения (из Бурятии и Алтая) показали наибольший отклик на воздействие различных метеофакторов. У климатипов, пораженных корневой губкой в меньшей степени (Московский и Брестский), отмечена относительно низкая зависимость значений прироста от погодных условий.

Причины различной реакции прироста у климатипов сосны на метеоусловия района произрастания обычно связывают с наследственной составляющей фенотипической изменчивости, популяционными особенностями материнских насаждений, со специфической адаптацией к климатическим условиям географической расы сосны, сформировавшейся при расширении ее ареала в послеледниковый период [Раптунович, Якимов, 1997; Чупров и др., 2021]. Наиболее схожими климатическими условиями по сравнению с районом испытания характеризуется Брестская область. Культуры сосны из Бурятии и Алтая имеют происхождение из районов, отличающихся более засушливым континентальным климатом и относительно коротким вегетационным периодом (табл. 1). Большая разница в особенностях климата, вероятно, сказалась на их адаптации к метеоусловиям Московской области, что снизило устойчивость к корневой губке.

Рассмотренный опыт представляет интерес для дальнейшего изучения успешности климатипов как на обследованном, так и на других объектах с географическими культурами.

*Заключение.* Все обследованные климатипы сосны, независимо от уровня пораженности корневой губкой, испытывают разной степени угнетение при наступлении засушливого вегетационного периода. Установлено, что интенсивнее пораженные корневой губкой климатипы из Бурятии и Алтая сильнее зависят от влагообеспеченности вегетационного периода, особенно мая и июля, чем Московский и Брестский климатипы, характеризующиеся меньшей степенью поражения. Ослабление деревьев, вызванное дефицитом осадков, наиболее вероятно, стало причиной снижения устойчивости этих климатипов к заболеванию.

Подобные дендроклиматические исследования необходимо продолжить в географических культурах для выявления успешных климатипов, менее подверженных колебанию погодных условий и более устойчивых к корневой губке.

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

### **Библиографический список**

Архив погоды в Москве (ВДНХ) // Расписание Погоды [Электронный ресурс]. 2023. URL: [https://rp5.ru/Архив\\_погоды\\_в\\_Москве\\_\(ВДНХ\)](https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Москве_(ВДНХ)) (дата обращения: 23.11.2023)

Глазунов Ю.Б., Мерзленко М.Д., Мельник П.Г. Сравнительные особенности роста карельского климатипа сосны обыкновенной в условиях Подмоскovie // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2015. № 4. С. 67–72.

Глазунов Ю.Б., Мельник П.Г., Мерзленко М.Д. Рост саратовского климатипа сосны обыкновенной в условиях Подмоскovie // Аграрный научный журнал. 2016. № 9. С. 9–14.

Данчева А.В., Меркель К.А. Влияние климатических факторов на радиальный прирост сосны в ленточных борах Прииртышья // Вестник ИрГСХА. 2020. № 96. С. 96–104.

Кузьмина Н.А., Кузьмин С.Р. Селекция сосны обыкновенной по устойчивости к грибным патогенам в географических культурах // Хвойные бореальной зоны. 2009. Т. 26, № 1. С. 76–81.

Леса СССР. Т. 2. М.: Наука, 1966. 472 с.

Леса СССР. Т. 4. М.: Наука, 1969. 768 с.

Матвеев С.М., Чеботарев В.В. Дендроклиматическое исследование сосняков Усманского бора и моделирование пожароопасных сезонов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2002. № 2. С. 36–42.

Мельник П.Г., Глазунов Ю.Б., Мерзленко М.Д. Рост и производительность архангельского климатипа сосны обыкновенной в условиях Подмоскovie // ИВУЗ. Лесной журнал. 2017. № 1(355). С. 9–20.

Мерзленко М.Д., Глазунов Ю.Б., Мельник П.Г. Успешность роста алтайского климатипа сосны в условиях Подмоскovie // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 10 (120). С. 59–65.

Мерзленко М.Д., Глазунов Ю.Б., Мельник П.Г. Результаты выращивания провениенций сосны обыкновенной в географических посадках Серебряноборского опытного лесничества // Лесоведение. 2017. № 3. С. 176–182.

Негруцкий С.Ф. Корневая губка. М.: Агропромиздат, 1973. 199 с.

Никифорчин И.В., Ветров Л.С., Гурьянов М.О., Садовникова А.А. Влияние климатических факторов на радиальный прирост сосны обыкновенной в Ленинградской области // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2020. № 2. С. 34–45.

Правдин Л.Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. М.: Наука, 1964. 192 с.

Писаренко А.И., Редько Г.И., Мерзленко М.Д. Искусственные леса. Ч. 2. М.: ВНИИЦлесресурс, 1992. 240 с.

Раптунович Е.С., Якимов Н.И. Устойчивость географических культур сосны обыкновенной к корневой губке // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: тез. докл. 6-й Межд. конф. М., 1997. С. 71–72.

Румянцев Д.Е. История и методология лесоводственной дендрохронологии: монография. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2010. 109 с.

Серебряноборское опытное лесничество: 65 лет лесного мониторинга. М.: Тов.-во науч. изд. КМК, 2010. 260 с.

Синадский Ю.В. Сосна. Ее вредители и болезни. М.: Наука, 1983. 344 с.

Сингатуллин И.К. Состояние сосновых древостоев Республики Татарстан после засухи 2010 года // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2017. № 3(27). С. 95–101.

Чупров А.В., Наквасина Е.Н., Прожерина Н.А. Оценка роста и продуктивности климатипов сосны обыкновенной в 39-летних географических культурах в Архангельской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2021. № 237. С. 151–167.

Шишкина А.А., Колганихина Г.Б. Фитопатологическая оценка успешности географических культур сосны обыкновенной в Серебряноборском опытном лесничестве // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2016. № 3. С. 22–38.

Шишкина А.А., Карпун Н.Н. Динамика развития очагов корневой губки в географических культурах сосны Серебряноборского опытного лесничества // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024. Вып. 250. С. 67–82.

Gori Y., Cherubini P., Camin F., La Porta N. Fungal root pathogen [*Heterobasidion parviporum*] increases drought stress in Norway spruce stand at low elevation in the Alps // European Journal of Forest Research. 2013. Vol. 132, iss. 4. P. 607–619.

La Porta N., Capretti P., Thomsen I.M., Kasanen R., Hietala A.M., Weissenberg K. von. Forest pathogens with higher damage potential due to climate change in Europe // *Canadian Journal of Plant Pathology*. 2008. Vol. 30, iss. 2. P. 177–195.

Matias L., Jump A. Impacts of predicted climate change on recruitment at the geographical limits of Scots pine // *Journal of experimental botany*. 2013. Vol. 65. P. 299–310.

Matisons R., Jansone D., Bāders E., Dubra S., Zeltiņš P., Schneck V., Jansons Ā. Weather–growth responses show differing adaptability of Scots pine provenances in the South-Eastern parts of Baltic Sea Region // *Forests*. 2021. Vol. 12, iss. 12. Art. no. 1641.

Szeligowski H., Buraczuk W., Konecka A., Studnicki M., Drosdowski S. A multi-trait assessment of selected provenances of Scots pine following 50 years of growth on a provenance experiment in Central Poland, in the light of climate change // *Eur. J. Forest. Res.* 2023. Vol. 142. P. 509–520.

Wigley T.M., Briffa K.R., Jones P.D. On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology // *Journal of Climate and Applied Meteorology*. 1984. Vol. 23, iss. 2. P. 201–213.

## References

Chuprov A.V., Nakvasina E.N., Prozherina N.A. Assessment of growth and productivity of Scots pine provenance tests in the Arkhangelsk region in 39-year. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotehneskoj akademii*, 2021, iss. 237, pp. 151–167. (In Russ.)

Dancheva A.V., Merkel K.A. Influence of climatic factors on the radial growth of pine in ribbon pine forests of the Irtysh region. *Vestnik IrGSHA*, 2020, no. 96, pp. 96–104. (In Russ.)

Forests of the USSR. Vol. 2. Moscow: Nauka, 1966. 472 p. (In Russ.)

Forests of the USSR. Vol. 4. Moscow: Nauka, 1969. 768 p. (In Russ.)

Glazunov Yu.B., Mel'nik P.G., Merzlenko M.D. Growth of the Saratov climate type of Scots pine in the Moscow region. *Agrarian scientific journal*, 2016, no. 9, pp. 9–14. (In Russ.)

Glazunov Yu.B., Merzlenko M.D., Mel'nik P.G. Comparative growth characteristics of Karelian Scots pine in conditions of Moscow region. *Proceedings of Petrozavodsk State University*, 2015, no. 4, pp. 67–72. (In Russ.)

Gori Y., Cherubini P., Camin F., La Porta N. Fungal root pathogen (*He-terobasidion parviporum*) increases drought stress in Norway spruce stand at low elevation in the Alps. *European Journal of Forest Research*, 2013, vol. 132, iss. 4, pp. 607–619.

Kuzmina N.A., Kuzmin S.R. Selection of Scots pine for resistance to fungal pathogens in provenance trials. *Conifers of the boreal zone*, 2009, vol. 26, no. 1, pp. 76–81. (In Russ.)

La Porta N., Capretti P., Thomsen I.M., Kasanen R., Hietala A.M., Weissenberg K. von. Forest pathogens with higher damage potential due to climate change in Europe. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 2008, vol. 30, iss. 2, pp. 177–195.

Matías L., Jump A. Impacts of predicted climate change on recruitment at the geographical limits of Scots pine. *Journal of experimental botany*, 2013, vol. 65, pp. 299–310.

Matisons R., Jansone D., Baders E., Dubra S., Zeltiņš P., Schneck V., Jansons Ā. Weather–growth responses show differing adaptability of Scots pine provenances in the South-Eastern parts of the Baltic Sea Region. *Forests*, 2021, vol. 12, iss. 12, art. no. 1641.

Matveev S.M., Chebotarev V.V. Dendroclimatic study of pine forests of Usmansk grove and simulation of fire-hazard seasons. *IVUZ. Lesnoy zhurnal*, 2002, no. 2, pp. 36–42. (In Russ.)

Mel'nik P.G., Glazunov Yu.B., Merzlenko M.D. The Growth and Productive Capacity of the Arkhangelsk Climatype of Scots Pine in the Moscow Region. *IVUZ. Lesnoy zhurnal*, 2017, no. 1, pp. 9–20. (In Russ.)

Merzlenko M.D., Glazunov Yu.B., Mel'nik P.G. Growing geographic trial provenances of the Scots pine in Serebryany Bor forestry. *Lesovedenie*, 2017, no. 3, pp. 176–182. (In Russ.)

Merzlenko M.D., Glazunov Yu.B., Mel'nik P.G. Growth Success of Altai Climatic Type of Pine Under the Conditions of the Moscow region. *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2014, no. 10 (120), pp. 59–65. (In Russ.)

Negrutsky S.F. *Heterobasidion annosum*. Moscow: Agropromizdat, 1973. 199 p. (In Russ.)

Nikiforchin I.V., Vetrov L.S., Guryanov M.O., Sadovnikova A.A. The influence of climatic factors on the radial growth of Scots pine in the Leningrad region. *Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Research Institute*, 2020, no. 2, pp. 34–45. (In Russ.)

Pisarenko A.I., Redko G.I., Merzlenko M.D. Artificial forests. Part 2. Moscow: VNIITslesresurs, 1992. 240 p. (In Russ.)

Pravdin L.F. Scots pine. Variability, intraspecific taxonomy and selection. Moscow: Nauka, 1964. 192 p. (In Russ.)

Raptunovich E.S., Yakimov N.I. Resistance of geographical provenance trials of Scots pine to root fungus. *Problems of forest phytopathology and mycology*: abstr. of rep. of 6th Int. Conf. Moscow, 1997, pp. 71–72. (In Russ.)

Rumyantsev D.E. History and methodology of forestry dendrochronology: monograph. Moscow: MGUL, 2010. 109 p. (In Russ.)

Serebryanoborskoye experimental forestry: 65 years of forest monitoring. Moscow: Scientific Publishing House KMK, 2010. 260 p. (In Russ.)

Shishkina A.A., Karpun N.N. Dynamics and development of annosum root rot in Scots pine provenances in Serebryanoborsky experimental forestry. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotehniceskoj akademii*, 2024, iss. 250, pp. 67–82. (In Russ.)

Shishkina A.A., Kolganikhina G.B. Phytopathological success assessment of Scots pine provenances in Serebryanoborskoe experimental forestry. *Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Research Institute*, 2016, no. 3, pp. 22–38. (In Russ.)

*Sinadskiy Yu.V.* Pine. Its pests and diseases. Moscow: Nauka, 1983. 344 p. (In Russ.)

*Singatullin I.K.* Condition of pine forests of the Republic of Tatarstan after the drought of 2010. *Bulletin of the Omsk State Agrarian University*, 2017, no. 3 (27), pp. 95–101. (In Russ.)

*Szeligowski H., Buraczyk W., Konecka A., Studnicki M., Drosdowski S.* A multi-trait assessment of selected provenances of Scots pine following 50 years of growth on a prove-nance experiment in Central Poland, in the light of climate change. *Eur. J. Forest Res.*, 2023, vol. 142, pp. 509–520.

Weather archive in Moscow (VDNH). *Weather Schedule* [Electronic resource]. 2023. URL: [https://rp5.ru/Weather\\_Archive\\_in\\_Moscow\\_\(VDNH\)](https://rp5.ru/Weather_Archive_in_Moscow_(VDNH)) (accessed November 23, 2023). (In Russ.)

*Wigley T.M., Briffa K.R., Jones P.D.* On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 1984, vol. 23, iss. 2, pp. 201–213.

Материал поступил в редакцию 31.01.2025

---

**Шишкина А.А., Карпун Н.Н.** Влияние погодно-климатических факторов Московской области на рост климатипов сосны, пораженных корневой губкой // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 254. С. 332–346. DOI: 10.21266/2079-4304.2025.254.332-346

Географические культуры являются ценными объектами для прогнозирования последствий изменения климата для состояния лесных насаждений. Особенно важно изучение их реакции на такие факторы ослабления, как засуха и повышение средней температуры воздуха. Работы проводили в 2023 г. в географических культурах сосны обыкновенной Серебряноборского опытного лесничества Института лесоведения РАН (расположены западнее г. Москвы; возраст 73–75 лет). В этих культурах действуют очаги корневой губки (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.), причем степень поражения разных климатипов не одинакова. По результатам изучения дендрохронологических образцов для всех климатипов установлена достоверная корреляция между индексами радиального прироста и тремя метеопараметрам: сумма осадков за вегетационный период, сумма осадков за июль, влагообеспеченность вегетационного периода (ГТК). В большей степени на величину прироста влияет влагообеспеченность вегетационного периода: сосны разного происхождения дружно снижают радиальный прирост при наступлении засушливых условий. Между значениями ГТК и величиной индекса прироста выявлена связь умеренной силы: у разных климатипов коэффициент корреляции с уровнем значимости 0,05 составляет от 0,37 (Московская и Брестская области)

до 0,51 (Алтайский край). Не выявлено значимой связи между среднегодовой температурой воздуха и величиной индексов прироста. Влияние погодноклиматических факторов на величину прироста наиболее заметно у климатипов из Бурятии и Алтайского края, пораженных корневой губкой в большей степени, чем остальные обследованные климатипы. Для них выявлено наибольшее число достоверных значений коэффициентов корреляции. Это свидетельствует об их сравнительно высокой чувствительности к метеоусловиям района выращивания. Более выраженный отклик прироста на засуху также отмечен у климатипов с относительно высоким уровнем поражения корневой губкой (Бурятия и Алтайский край). Ослабление деревьев, вызванное дефицитом осадков, наиболее вероятно стало причиной подверженности этих климатипов заболеванию.

**Ключевые слова:** географические культуры сосны, *Pinus sylvestris*, Московская область, *Heterobasidion annosum*, дендрохронология, метеорологические факторы, влияние засухи.

**Shishkina A.A., Karpun N.N.** Impact of the weather and climate factors of Moscow region on the growth of Scots pine in the provenance trials affected by annosum root rot. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*, 2025, iss. 254, pp. 332–346 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2025.254.332-346

Geographic provenance trials are valuable objects for predicting the effects of climate change on the condition of forest stands. It is especially important to study their response to such damage factors as drought and temperature rise. The work was carried out in 2023 in Scots pine provenance trials in the Serebryanoborskoe experimental forestry of the Institute of Forest Science of the Russian Academy of Sciences (located west of Moscow; aged 73–75 years). These pine plantations are affected by annosum root rot (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.), and the degree of damage to different climatypes is different. Based on the results of the study of dendrochronological samples for all climatypes, a reliable correlation was established between the radial growth indices and three meteorological parameters: the amount of precipitation during the growing season, the amount of precipitation in July, and the moisture supply of the growing season. The growth rate is largely influenced by moisture availability during the growing season: pines identically reduce radial growth when drought conditions set in. A moderate correlation was found between the moisture supply of the growing season and the growth index value: for different climatypes, the correlation coefficient with a significance level of 0.01 ranges from 0.37 (Brest region, Belarus) to 0.51 (Altai region, Russia). No significant relationship was found between the average annual air temperature and the growth indices. The influence of weather and climate factors on the growth rate is most noticeable in climatypes from Buryatia and the Altai region, which are affected by annosum root rot to a greater extent than the other examined climatypes. The largest number of reliable values of the correlation coefficients was found for them.

This indicates their comparatively high meteorological sensitivity. A more noticeable response of growth to drought was in climatotypes with a relatively high level of damage by annosum root rot (Buryatia and the Altai region). Most likely the weakening of trees caused by a deficit of precipitation was the reason for the susceptibility of these climatotypes to the disease.

Keywords: pine provenance trials, *Pinus sylvestris*, Moscow region, *Heterobasidion annosum*, dendrochronology, meteorological factors, influence of drought.

---

**ШИШКИНА Анастасия Александровна** – соискатель Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. SPIN-код: 7851-1821. ORCID: 0009-0004-0378-512X.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: frbg@mail.ru

**SHISHKINA Anastasia A.** – applicant, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 7851-1821. ORCID: 0009-0004-0378-512X.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: frbg@mail.ru

**КАРПУН Наталья Николаевна** – профессор Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, доктор биологических наук, доцент. SPIN-код: 7293-8389. ORCID: 0000-0002-7696-3618. WoS ResearcherID: U-1502-2019. Scopus AuthorID: 56955491500.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: nkolem@mail.ru

**KARPUN Natalia N.** – DSc (Biological), Professor, St. Petersburg State Forest Technical University, Associate Professor. SPIN-code: 7293-8389. ORCID 0000-0002-7696-3618. WoS ResearcherID: U-1502-2019. Scopus AuthorID: 56955491500.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: nkolem@mail.ru