

Научная статья  
УДК 630.181

**ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ КЛИМАТИЧЕСКОГО ОТКЛИКА  
РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА ЕЛИ СИБИРСКОЙ  
НА ЗАПАДНОМ МАКРОСКЛОНЕ ПОЛЯРНОГО УРАЛА**

**Арина Аликовна Вьюхина<sup>1</sup>, Варвара Александровна Бессонова<sup>2</sup>,  
Владимир Витальевич Кукарских<sup>3</sup>**

<sup>1,3</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Уральский федеральный университет им. первого Президента России  
Б. Н. Ельцина

<sup>1,2,3</sup> Институт экологии растений и животных УрО РАН,  
Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> arina\_galimova93@mail.ru

<sup>2</sup> bessonova1varechka@gmail.com

<sup>3</sup> voloduke@mail.ru

**Аннотация.** Впервые для западного макросклона Полярного Урала построена 300-летняя древесно-кольцевая хронология по ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.). В ходе работы показано, что связь радиального прироста ели с температурой июля устойчива на протяжении всего исследуемого периода. Также значительную отрицательную роль в росте деревьев ели по диаметру играют температуры апреля.

**Ключевые слова:** ель сибирская, верхняя граница леса, дендроклиматология, Енганэпэ, Полярный Урал

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 21-14-00330.

Original article

**FIRST DATA ON THE CLIMATIC RESPONSE OF SIBERIAN SPRUCE  
RADIAL GROWTH ON THE WESTERN  
MACRO-SLOPE OF THE POLAR URALS**

**Arina A. Vyukhina<sup>1</sup>, Varvara A. Bessonova<sup>2</sup>, Vladimir V. Kukarskikh<sup>3</sup>**

<sup>1,3</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin

<sup>1,2,3</sup> The Institute of Plant and Animal Ecology, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> arina\_galimova93@mail.ru

<sup>2</sup> bessonova1varechka@gmail.com

<sup>3</sup> voloduke@mail.ru

**Abstract.** A 300-year tree-ring chronology for Siberian spruce (*Picea obovata* Ledeb.) was constructed for the first time for the western macro-slope of the Polar Urals. In the course of the work it was shown that the relationship between radial growth of spruce and July temperature is stable throughout the entire study period. Also a significant negative role in the growth of spruce trees by diameter is played by April temperatures.

**Keywords:** Siberian spruce, upper treeline, dendroclimatology, Yenganepe, Polar Urals

**Acknowledgements:** this work was supported by the Russian Science Foundation, project № 21-14-00330.

Потепление в последнее время оказывает большое влияние на сдвиг ареалов разных видов [1]. На верхней границе леса происходят заметные изменения в составе, структуре древостоев [2]. Древесные кольца являются надежным индикатором изменения климатических условий [3].

Цель работы: анализ климатического сигнала в радиальном приросте ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) на западном макросклоне Полярного Урала.

Материал был собран на западном макросклоне Полярного Урала на кряже Енганэпэ г. Южная (67°09' с. ш. 64°29' в. д., 179 м над ур. м.). Климат – субарктический. Район относится к лесотундровой растительной зоне (рис. 1).

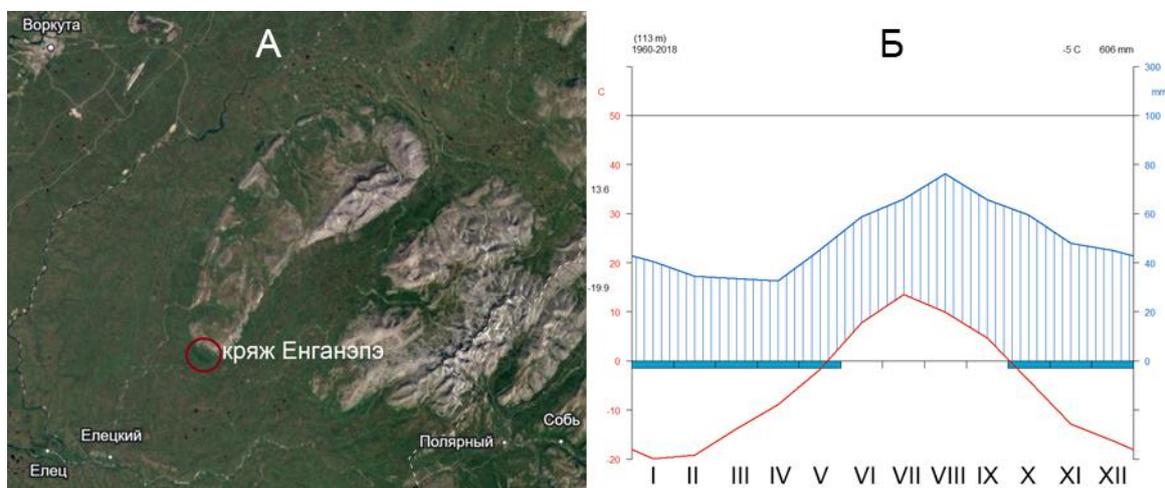


Рис. 1. Карта (А) и климатограмма (Б) района исследований по данным м/с Елецкая (1961...2019 гг.)

С помощью возрастного бурава было собрано 36 образцов (кernов) ели сибирской. Сбор образцов был произведен на высоте 0,5–1,0 м от поверхности почвы. В лаборатории образцы наклеивали на деревянные подложки, затем полировали для последующего сканирования при помощи планшетного сканера EPSON Perfection V550 Photo с разрешением 3200 dpi. Ширину годичных колец измеряли в программе CooRecorder 8.1. Образцы

перекрестно датировали в программе TSAPWin [4], а качество датировки оценивали в программе COFESHA [5]. Для устранения возрастного тренда и влияния неклиматических факторов хронологии были проиндексированы кубическим сплайном в пакете dplR 1.7.4 [6] статистической среды R [7]. На основе индексированных рядов ШГК была построена обобщенная хронология с «выбеливанием» (т. е. было устранено влияние условий предыдущего года на рост годичного кольца) для каждого исследуемого участка (dplR 1.7.4, R 4.2.2, [6]).

Метеорологические ряды наблюдений по метеостанции Елецкая для периода с 1960 по 2019 гг. получены из базы данных Climate explorer [8]. Связь между климатическими переменными и параметрами прироста оценивалась за период с 1961 по 2018 гг. с использованием пакета treeclim [9]. Расчеты были проведены для периода с октября предшествующего по октябрь текущего года формирования кольца.

В результате обработки материала была получена 300-летняя надежная (с обеспеченностью более 10 образцов на каждый год) древесно-кольцевая хронология (рис. 2). Средняя чувствительность хронологии составляет 0,29, что позволяет использовать ее для дендроклиматического анализа [10].

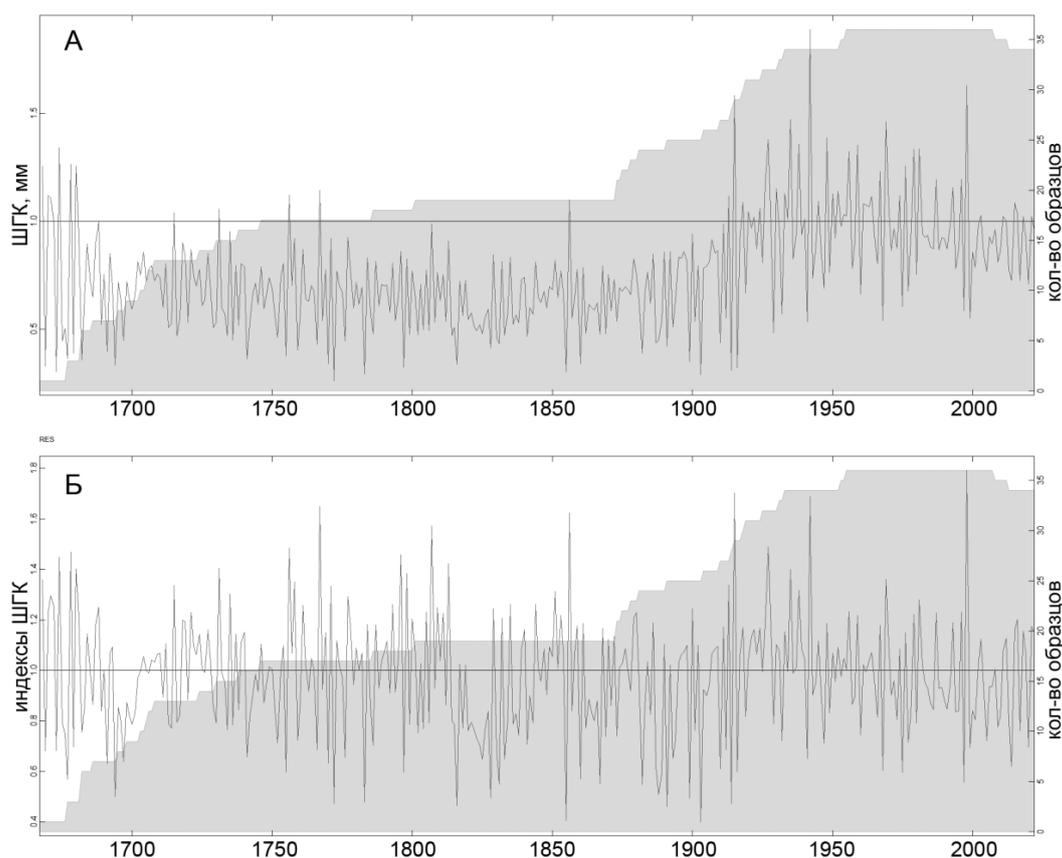


Рис. 2. Обобщенные хронологии по ширине годичных колец:

А – измерения в миллиметрах,

Б – индексированных кубическим сплайном  
(серой заливкой показано количество образцов)

В результате корреляционного анализа установлено, что прирост ели сибирской по диаметру главным образом определяется термическими условиями июля текущего года. Связь прироста с температурой июля является устойчивой на протяжении всего исследуемого периода (рис. 3). Также значительную роль играют температуры апреля – их роль в формировании прироста противоположна, т. е. чем выше температуры апреля, тем меньше будет прирост ели.

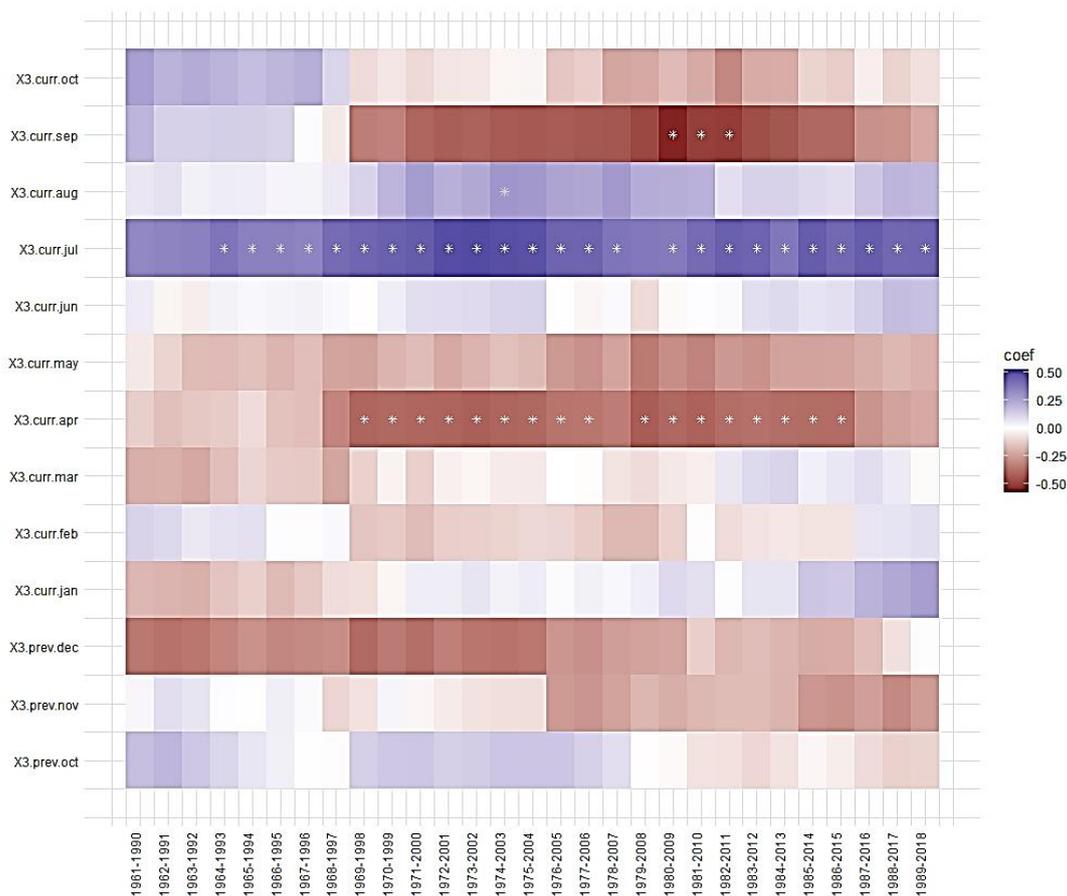


Рис. 3. Отклик ширины годовых колец ели сибирской на среднемесячные значения температуры воздуха с октября предшествующего по октябрь текущего года.

Ширина окна для расчета корреляций – 30 лет.

Звездочками отмечены значимые коэффициенты корреляции ( $n = 30, p < 0,05$ )

### Список источников

1. Forest Vulnerability to Climate Change: A Review for Future Research Framework / Roshani [et al.] // Forests. 2022. Vol. 13, № 6. P. 917. DOI 10.3390/F13060917/S1

2. Climate change evidence in tree growth and stand productivity at the upper treeline ecotone in the Polar Ural Mountains / N. M. Devi [et al.] // Forest Ecosystems. 2020. Vol. 7, № 1. P. 7. DOI 10.1186/s40663-020-0216-9

3. Altitudinal and horizontal shifts of the upper boundaries of open and closed forests in the Polar Urals in the 20th century / S. G. Shiyatov [et al.] // Russian Journal of Ecology. 2007. Vol. 38, № 4. P. 223–227. DOI 10.1134/S1067413607040017
4. Rinn F. Tsap V. 3.6 Reference manual: computer program for tree-ring analysis and presentation. Heidelberg : Bierhelder weg 20, D-69126, 1996. 263 p.
5. Grissino-Mayer H. D. Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA // Tree-Ring Research. 2001. Vol. 57, № 2. P. 205–221.
6. Bunn A. G. A dendrochronology program library in R (dplR) // Dendrochronologia. 2008. Vol. 26, № 2. P. 115–124. DOI 10.1016/j.dendro.2008.01.002
7. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. 2022. URL: <https://www.bibsonomy.org/bibtex/7469ffee3b07f9167cf47e7555041ee7> (date of access: 10.02.2024).
8. A New Global 0.5° Gridded Dataset (1901–2006) of a Multiscalar Drought Index: Comparison with Current Drought Index Datasets Based on the Palmer Drought Severity Index / S. M. Vicente-Serrano [et al.] // Journal of Hydrometeorology. 2010. Vol. 11, № 4. P. 1033–1043. DOI 10.1175/2010JHM1224.1.
9. Zang C., Biondi F. Treeclim: an R package for the numerical calibration of proxy-climate relationships // Ecography. 2015. Vol. 38, № 4. P. 431–436. DOI 10.1111/ecog.01335.
10. Методы дендрохронологии. Часть I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации / С. Г. Шиятов [и др.]. Красноярск : КрасГУ, 2000. 80 с.