

Научная статья
УДК 630*181.1

ЗАВИСИМОСТЬ ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКОГО ОТКЛИКА СОСНЫ НА СЕВЕРНОЙ ГРАНИЦЕ ЛЕСА В ФИНЛЯНДИИ ОТ ВОЗРАСТА ДЕРЕВЬЕВ

Арина Аликовна Вьюхина¹, Марина Анатольевна Гурская²

^{1,2} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия,

^{1,2} Институт экологии растений и животных УрО РАН,
Екатеринбург, Россия,

¹ arina_galimova93@mail.ru

² marina_gurskaya@mail.ru

Аннотация. В статье сравнивается динамика годовой изменчивости ширины годовых колец и климатического сигнала разновозрастных деревьев сосны обыкновенной из северной Финляндии. Хотя динамика ширины годовых колец у деревьев аналогична, климатическая реакция хронологии старых деревьев имеет более выраженную связь с температурой июля, чем хронология молодых деревьев.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, дендроклиматология, древесно-кольцевой анализ, граница леса, Финляндия

Финансирование: работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 20-05-00569а и INTERACT TA TREENE.

Scientific article

AGE-RELATED DENDROCLIMATIC RESPONSE OF SCOTS PINE AT THE NORTHERN TREELINE IN FINLAND

Arina A. Vyukhina¹, Marina A. Gurskaya²

^{1,2} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

^{1,2} The Institute of Plant and Animal Ecology, Yekaterinburg, Russia

¹ arina_galimova93@mail.ru

² marina_gurskaya@mail.ru

Abstract. In this article the dynamics of annual variability of tree ring width and climate signal of uneven-age Scotch pine trees from northern Finland were compared. Although the dynamic of tree ring width is similar at trees, the climate response of old-tree chronology has more pronounced relationships with July temperature than young-tree chronology.

Keywords: scotch pine, dendroclimatology, tree ring analysis, treeline, Finland

Funding: the work was supported by RFBR grants No 20-05-00569a and INTERACT TA TREENE.

Деревья являются отличным «индикатором» климатических условий. Данные в годичных кольцах деревьев, чувствительных к температуре, не случайны. Лучше всего они проявляются на границе ареалов видов [1]. В зависимости от возраста у деревьев могут различаться сроки вегетации и интенсивность физиологических процессов, поэтому изучение влияния климата на радиальный прирост разновозрастных деревьев является актуальным [2].

Целью работы было проанализировать климатический сигнал в разновозрастных древесно-кольцевых хронологиях.

Сбор материала производился на территории Северной Лапландии (Финляндии) в окрестностях субарктической станции Кево ($69^{\circ}54'$ с. ш. $26^{\circ}42'$ в. д., 230 м над ур. м.). Район исследования относится к лесотундровой растительной зоне и характеризуется суровым субарктическим климатом (рис. 1). Средняя многолетняя температура воздуха – $2,9^{\circ}\text{C}$. Самым холодным месяцем является январь ($-15,8^{\circ}\text{C}$), самым теплым – июль ($+12,3^{\circ}\text{C}$), среднее многолетнее количество осадков – 545 мм.



Рис. 1. Карта-схема района исследований

С разновозрастных деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) при помощи возрастного бурава было собрано 50 образцов древесины (кернов). Сбор образцов производился на высоте 0,5 м от поверхности почвы.

В лабораторных условиях образцы были наклеены на деревянные подложки, зачищены с помощью микротома. Для повышения контрастности годичных колец образцы натирались мелом, а затем сканировались на планшетном сканере *Epson Perfection V550 Photo* с разрешением 3200dpi с помощью программы *SilverFast AI8*. В программе *CooRecorder 8.1* [3] были проведены измерения ширины годичных колец. В программе *TSAP-Win* была проведена датировка ширины годичных колец, ее качество оценивалось в программе *COFESHA*, возрастной тренд в измерениях удален с помощью скользящего кубического сплайна длиной $2/3$ от длины ряда в программе *ARSTAN* [4]. Для проведения анализа были взяты две древесно-кольцевых хронологии по старовозрастным и молодым деревьям.

Климатические данные взяты из базы данных *Climate explorer* $69^{\circ}25'$ с. ш. $26^{\circ}75'$ в. д. и $70^{\circ}00'$ с. ш. $27^{\circ}25'$ в. д. [5]. Связь с климатическими параметрами оценивали в программе *Dendroclim 2002* [6] с использованием метода скользящего окна размером 26 лет с шагом в один год за период с 1956 по 2017 гг.

На основе количества годичных колец исследованных деревьев они были разделены на две группы: молодые – до 50 годичных колец и старые – более 50 годичных колец (рис. 2).

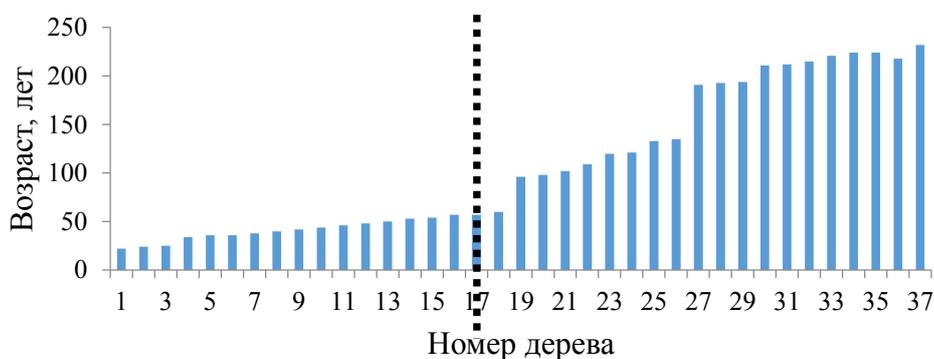


Рис. 2. Возраст деревьев в пределах тест-полигона

В таблице приведены данные по средним показателям построенных хронологий.

Сравнение обобщенных хронологий между собой показало, что выраженный популяционный сигнал для старых составляет 0,88, а для молодых – 0,61. Хронологии по молодым и старым деревьям имеют схожую динамику погодичной изменчивости. Корреляция между хронологиями по старым и молодым деревьям составила 0,31 (рис. 3).

Характеристики обобщенных древесно-кольцевых хронологий

Код	Средний возраст, лет	Средний прирост, мм	Выпадающие кольца, %	Чувствительность	Корреляция между сериями
Старые	172±12	0,62±0,06	0,53	0,24	0,52
Молодые	42±3	0,71±0,05	0,13	0,22	0,45

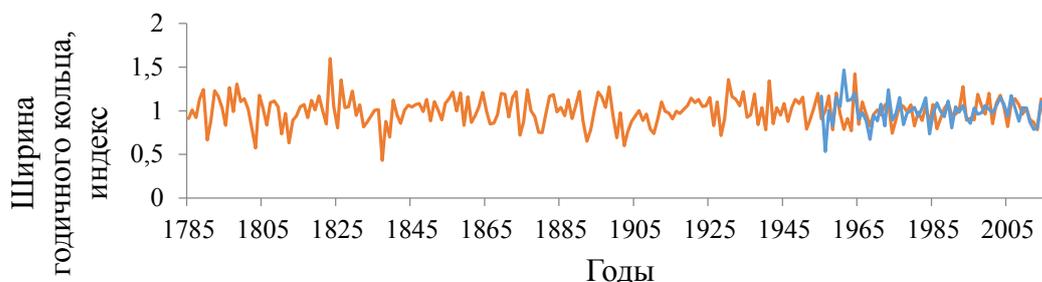


Рис. 3. Индексированные хронологии по ширине годичных колец

Результаты анализа климатического отклика показали, что ширина годичных колец как старых, так и молодых деревьев, положительно коррелирует со средней температурой июля (рис. 4).

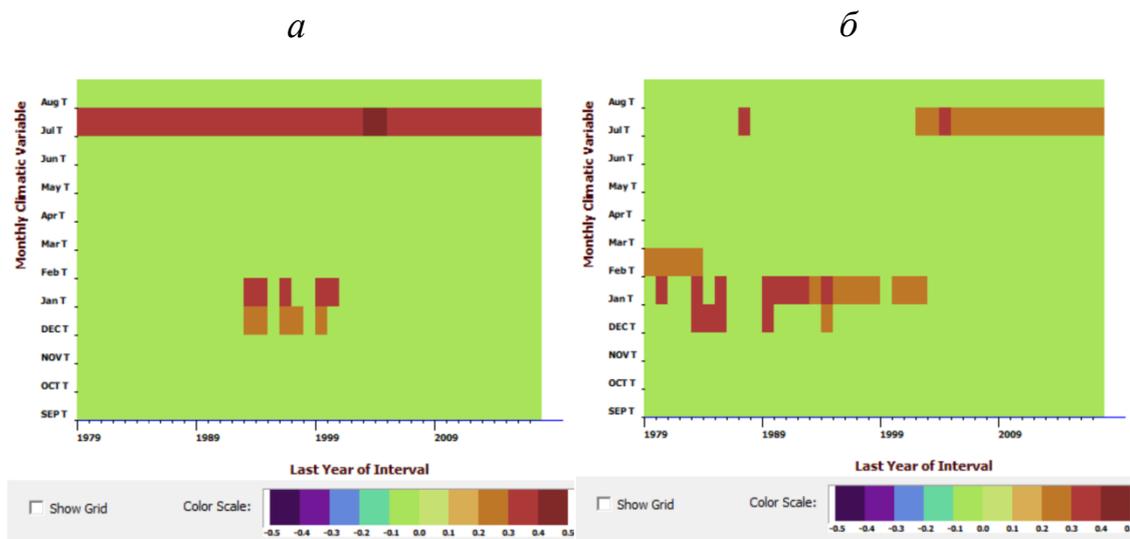


Рис. 4. Коэффициенты корреляции между индексами ширины годичного кольца и температуры воздуха по данным ближайшей метеостанции, рассчитанные методом скользящего окна размером 26 лет:

а – старовозрастные деревья; *б* – молодые деревья.

Зеленый цвет – незначимые коэффициенты корреляции

Следует отметить, что отклик старовозрастных деревьев отличается более выраженными связями с климатическими переменными [2]. На наш взгляд, это связано с тем, что молодые деревья подвержены более сильному влиянию неклиматических факторов (световая конкуренция, почвенные

условия). Наши данные не согласуются с результатами, полученными для более южных территорий, где с возрастом деревьев уменьшается их чувствительность и сила климатического отклика на температуру [7].

В заключение стоит отметить, что ширина годовых колец сосны, которая произрастает в Северной Лапландии, отражает температурные условия июля текущего года, что согласуется с полученными ранее результатами по данному виду на границе леса в Фенноскандии [8–10].

Список источников

1. Ваганов, Е. А. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской субарктике / Е. А. Ваганов, С. Г. Шиятов, В. С. Мазепа. – Новосибирск : Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1996. – 246 с.
2. Age-Effect Radial Growth Responses of *Picea schrenkiana* to Climate Change in the Eastern Tianshan Mountains / L. Jiao, Y. Jiang, M. Wang [et al.] // *Forests*. – No 8 (9). – 2017. – P. 294.
3. Larsson, L. CooRecorder and Cdendro programs of the CooRecorder / L. Larsson. – URL: <https://www.cybis.se/dendro/dendro-tools/> (дата обращения: 01.10.2022).
4. Методы дендрохронологии. Ч. 1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации / С. Г. Шиятов, Е. А. Ваганов, А. В. Кирдянов [и др]. – Красноярск : КрасГУ, 2000. – 80 с.
5. Climat Explorer : [сайт]. – URL: <https://climexp.knmi.nl/start.cgi> (дата обращения: 01.10.2022).
6. Biondi, F. DENDROCLIM2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies / F. Biondi, K. Waikul // *Computers & Geosciences*. – 2004. – № 30 (3). – P. 303–311.
7. Climate signal age effects in boreal tree-rings: Lessons to be Learned for paleoclimatic reconstructions / O. Konter, U. Büntgen, M. Carrer [et al.] // *Quaternary Science Reviews*. – 2016. – № 142. – P. 164–172.
8. Вьюхина, А. А. Интенсивность отражения синего (Blue Intensity): дендроклиматический потенциал сосны, произрастающей на севере Фенноскандии / А. А. Вьюхина, М. А. Гурская // *Журнал СФУ. Биология*. – 2022. – № 15 (2). – С. 244–263.
9. Variability and extremes of northern Scandinavian summer temperatures over the past two millennia / J. Esper, U. Büntgen, M. Timonen, D. C. Frank // *Global and Planetary Change*. – 2012. – № 88–89. – P. 1–9.
10. A 970-year-long summer temperature reconstruction from Rogen, westcentral Sweden, based on blue intensity from tree rings / M. Fuentes, R. Salo, J. Björklund [et al.] // *Holocene*. – 2018. – № 28 (2). – P. 254–266.