

Reconstruction of climate in the North-East of Russia using dendrochronological methods



Kolmogorov A.I.^{1,3*}, Kirdyanov A.V.^{2,3}, Nikolaev A.N.¹, Arzac A.³

¹North-Eastern Federal University, Belinskiy st. 58, Yakutsk, 677000, Russia

²V.N. Sukachev Institute of Forest SB RASc, Akademgorodok 50, 28 build, Krasnoyarsk, 660036, Russia

³Siberian Federal University, pr. Svobodniy 79, Krasnoyarsk, 660041, Russia

ABSTRACT. The paper presents the results of a dendroclimatic analysis of larch trees growing in the Arctic regions of Northeast Russia. A comparative analysis of dendrochronological parameters and climatic response of generalized regional chronologies was carried out. The results of dendroclimatic analysis showed that different areas have their own characteristics of the radial growth reaction.

Keywords: radial growth, Arctic, temperature, larch, reconstruction

For citation: Kolmogorov A.I., Kirdyanov A.V., Nikolaev A.N., Arzac A. Reconstruction of climate in the North-East of Russia using dendrochronological methods // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 406-409. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-406

1. Introduction

The study of the response of woody vegetation in the Arctic regions of Russia is currently receiving increased attention due to an increase in air temperature, which in these regions is several times higher than the global average (Rantanen et al., 2022). Warming in the boreal forest zone expands the range of woody vegetation to the north and contributes to shifts in the beginning and duration of the growing season, leading to the degradation of permafrost. Ecosystems located in Arctic regions are the most sensitive to changing climatic conditions, and assessing the rate of these changes in space is an important task.

It is known that the growth and development of forest ecosystems along the circumpolar belt at high latitudes mainly depends on air temperature during the growing season (Schweingruber and Briffa, 1996; Vaganov et al., 1996). The collection of dendrochronological material for dendroclimatic studies was carried out in extreme conditions for tree growth, where the temperature signal in the chronologies is the strongest, which usually makes it possible to obtain similar chronologies within each dendroclimatic region.

The purpose of the work is to obtain representative generalized chronologies for the width of larch tree rings in the northeast of Russia, spatial analysis of the climatic response of radial tree growth and assessment of the potential of the resulting tree-ring chronologies for climate reconstructions.

2. Materials

The study area is limited from the west by the eastern tip of the Taimyr Peninsula and reaches the village of Chersky, Nizhnekolymsky ulus, Republic of Sakha (Yakutia). The transect under study is 2100 km long, located between 72–68 latitudes and 101 – 161 longitudes. The study materials were collected between 2012 and 2021, at 23 sites. For dendroclimatic analysis, the period from 1960 to 2012 was used. The choice is related to the duration of the obtained chronologies, as well as the quality of climate data for the Khatanga, Deputatsky, Kyusyur, Yubileiny, Chokurdakh and Chersky meteorological stations.

3. Result and Discussion

To perform regionalization and comparison of sites, a correlation analysis was carried out between data from all analyzed habitats. Based on the closeness of correlations, the areas were divided into 5 separate groups according to their territory - Taimyr group (TY), Lena and Omoloy river basin area (LO), Ust-Yana group (UY), Indigirka river basin area (IND), basin area Kolyma River (CH). It is shown that each of the dendroclimatic regions is characterized by its own characteristics of the response of the radial growth of trees to the influence of climatic factors. Thus, within TY, the radial increase shows a significant positive correlation with the temperature of June and July, while in areas

*Corresponding author.

E-mail address: ai.kolmogorov@s-vfu.ru (A.I. Kolmogorov)

Received: June 15, 2024; **Accepted:** July 08, 2024;

Available online: August 26, 2024

© Author(s) 2024. This work is distributed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



on the territory of Yakutia only in June.

Calculation of moving correlation coefficients between tree-ring width chronologies and climate data over a 25-year window showed that the response of radial growth to air temperature and precipitation during the growing season varies over time. For the Taimyr group of sites, a gradual increase in the connection with air temperature has been observed in recent decades. An increase in the negative impact of atmospheric precipitation in June was also recorded to significant values ($p < 0.05$) starting from the 1975-1999 period. For the LO region, there is a decrease in the relationship with air temperature in June and an increase to significant values ($p < 0.05$) in May air temperature starting from 1970-1994. For the UY group, the influence of air temperature in June at the end of the studied period decreases, and the negative influence of precipitation in this area increases significantly ($p < 0.05$) for June from 1979-2003, and for May from the period 1977-2001. For the IND region, the influence of June air temperature decreases towards the end of the study period, and the negative influence of precipitation in May increases from 1967-1991. For the Kolyma group of CH sites, a significant ($p < 0.05$) influence of air temperature is observed in June from 1986-2011, as well as in August for certain periods.

4. Conclusions

This work shows the promise of dendroclimatic and dendroecological studies in the northeast of Russia,

aimed at understanding the characteristics of the growth dynamics of woody plants for various habitats in a changing climate.

Acknowledgements

The work was supported by the Ministry of Science and Education of the Russian Federation [FSRG-2020-0014] and [FSRG-2023-0027]

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Rantanen M., Karpechko A.Y., Lipponen A. et al. 2022. The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979. *Communications earth & environment* 3(168). DOI: [10.1038/s43247-022-00498-3](https://doi.org/10.1038/s43247-022-00498-3)
- Schweingruber F.H., Briffa K.R. 1996. Tree-Ring Density Networks for Climate Reconstruction. In: Jones, P.D., Bradley, R.S., Jouzel, J. (Eds.) *Climatic Variations and Forcing Mechanisms of the Last 2000 Years*. NATO ASI Series, vol 41. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: [10.1007/978-3-642-61113-1_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-61113-1_3)
- Vaganov E.A., Shiyatov S.G., Mazepa V.S. 1996. *Dendroclimatic studies in the Ural-Siberian Subarctic*. Novosibirsk: Nauka. (In Russ.)

Реконструкция климата на Северо-Востоке России дендрохронологическими методами

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGYКолмогоров А.И.^{1,3*}, Кирдянов А.В.^{2,3}, Николаев А.Н.¹, Арсак А.³¹ Северо-Восточный Федеральный Университет имени М.К. Аммосова, Беллинского 58, Якутск, 677000, Россия² Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Академгородок 50, стр. 28, Красноярск, 660036, Россия³ Сибирский Федеральный Университет, пр. Свободный 79, Красноярск, 660041, Россия

АННОТАЦИЯ. В работе предоставлены результаты дендроклиматического анализа деревьев лиственницы, произрастающие в Арктических регионах Северо-востока России. Проведен сравнительный анализ дендрохронологических параметров и климатического отклика обобщенных региональных хронологий. Результаты дендроклиматического анализа показали, что в разных районах характерны свои особенности реакции радиального прироста.

Ключевые слова: радиальный прирост, Арктика, температура, лиственница, реконструкция

Для цитирования: Колмогоров А.И., Кирдянов А.В., Николаев А.Н., Арсак А. Реконструкция климата на Северо-Востоке России дендрохронологическими методами // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 406-409. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-406

1. Введение

Изучению реакции древесной растительности в Арктических регионах России в настоящее время уделяется повышенное внимание в связи с увеличением температуры воздуха, которое в данных регионах в разы превышает средние глобальные значения (Rantanen et al., 2022). Потепление в зоне бореальных лесов расширению ареалов древесной растительности на север и способствуют сдвигам в начале и длительности вегетационного периода, ведет к деградации вечной мерзлоты. Экосистемы, расположенные в арктических районах, являются наиболее чувствительными к изменению климатических условий, и оценка скорости этих изменений в пространстве является важной задачей.

Известно, что рост и развития лесных экосистем вдоль циркумполярного пояса в высоких широтах в основном зависит от температуры воздуха во время вегетационного периода (Schweingruber and Briffa, 1996; Ваганов и др., 1996). Сбор дендрохронологического материала для дендроклиматических исследований проводился в экстремальных для роста деревьев условиях, где температурный сигнал в хронологиях наиболее сильный, что обычно позволяет получить схожие хронологии в пределах каждого дендроклиматического района.

Цель работы является получение репрезента-

тивных обобщенных хронологий по ширине древесных колец лиственницы на северо-востоке России, пространственный анализ климатического отклика радиального прироста деревьев и оценка потенциала полученных древесно-кольцевых хронологий для реконструкций климата.

2. Материалы и методы

Район исследования с запада ограничен восточной оконечностью п-ва Таймыр и доходит до п. Черский Нижнеколымского улуса, Республики Саха (Якутия). Изучаемый трансект протяженностью 2100 км. располагается между 72-68 широтами и 101 – 161 долготой. Материалы исследования были собраны в период с 2012 по 2021 гг. на 23 участках. Для дендроклиматического анализа использовался период с 1960 по 2012 года. Выбор связан с длительностью полученных хронологий, а также качеством климатических данных для метеорологических станций Хатанга, Депутатский, Кюсюр, Юбилейный, Чокурдах и Черский.

3. Результаты и обсуждения

Для выполнения районирования и сравнения участков, был проведен корреляционный анализ между данными из всех анализируемых местообит-

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: ai.kolmogorov@s-vfu.ru (А.И. Колмогоров)

Поступила: 15 июня 2024; Принята: 08 июля 2024;

Опубликована online: 26 августа 2024

© Автор(ы) 2024. Эта работа распространяется под международной лицензией Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0.



таний. Исходя из тесноты корреляционных связей участки были разделены на 5 отдельных групп по территории принадлежности – Таймырская группа (TY), район бассейна рек Лена и Омолуй (LO), Усть-Янская группа (UY), район бассейна реки Индигирка (IND), район бассейна реки Колыма (CH). Показано, что для каждого из дендроклиматических районов характерны свои особенности реакции радиального прироста деревьев на влияние климатических факторов. Так, в пределах TY радиальный прирост показывает значимую положительную корреляционную связь с температурой июня и июля, тогда как на участках на территории Якутии только июня.

Расчет скользящих коэффициентов корреляции между хронологиями ширины древесных колец и климатическими данными с окном в 25 лет показал, что отклик радиального прироста на температуру воздуха и выпавших осадков за вегетационный период меняется по времени. Для Таймырской группы участков наблюдается постепенное увеличение связи с температурой воздуха в последние десятилетия. Также зафиксировано увеличение негативное влияние атмосферных осадков июня до значимых значений ($p < 0.05$) начиная с 1975-1999 периода. Для региона LO наблюдается уменьшения связи с температурой воздуха июня и увеличения до значимых значений ($p < 0.05$) температура воздуха мая начиная с 1970-1994 гг. Для группы UY влияние температуры воздуха июня в конце изучаемого периода уменьшается, а негативное влияние выпавших осадков в этом районе значимо ($p < 0.05$) увеличивается для июня с 1979-2003 гг., и для мая с периода 1977-2001 гг. Для района IND влияние температуры воздуха июня уменьшается к концу изучаемого периода, и увеличивается негативное влияние выпавших осадков в мае начиная с 1967-1991 гг. Для колымской группы участков CH наблюдается значимое ($p < 0.05$) влияние температуры воздуха в июне с 1986-2011 гг., а также в августе для отдельных периодов.

4. Выводы

Данная работа показывает перспективность проведения дендроклиматических и дендроэкологических исследований на северо-востоке России, нацеленных на понимание особенностей динамики роста древесных растений для различных местообитаний в условиях меняющегося климата.

Благодарности

Работы выполнены при поддержке Министерства науки и образования Российской Федерации [FSRG-2020-0014] и [FSRG-2023-0027]

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

- Rantanen M., Karpechko A.Y., Lipponen A. et al. 2022. The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979. *Communications earth & environment* 3(168). DOI: [10.1038/s43247-022-00498-3](https://doi.org/10.1038/s43247-022-00498-3)
- Schweingruber F.H., Briffa K.R. 1996. Tree-Ring Density Networks for Climate Reconstruction. In: Jones, P.D., Bradley, R.S., Jouzel, J. (eds) *Climatic Variations and Forcing Mechanisms of the Last 2000 Years*. NATO ASI Series, vol 41. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: [10.1007/978-3-642-61113-1_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-61113-1_3)
- Vaganov E.A., Shiyatov S.G., Mazepa V.S. 1996. *Dendroclimatichekie issledovaniya v Urale-Sibirskoy Subarctiki*. Novosibirsk: Nauka. (In Russ.)