

Holocene vegetation dynamics of the Yamal Peninsula based on palaeobotanical data from relict peat bog deposits

Short communication

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGYKorona O.M.¹, Trofimova S.S.¹, Zhilich S.V.², Lapteva E.G.^{1*}¹Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. 8 Marta, 202, Yekaterinburg, 620144, Russia²Institute of Archaeology and Ethnography, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Lavrentyev prospect, 17, Novosibirsk, 630090, Russia

ABSTRACT. We have performed a comprehensive paleoecological study of the peat bog deposits from six localities of the Seyakha, Yuribey and Khadytayakha rivers in the subarctic tundra zone on the Yamal Peninsula. Radiocarbon dating, as well as pollen and plant macrofossil analyses were used to track the chronological changes of the plant communities on the peninsula along the North-South transect in the Late Glacial and Postglacial periods. It was found that open woodland with tree birch and spruce existed in the Yuribey river valley during the Bølling-Allerød interstadial (between 14.7 and 12.7 cal. ka BP). Shrub tundra with *Betula nana* was widespread in this area during the Younger Dryas, between 12.6 and 11.7 cal. ka BP, under climatic conditions similar to modern ones. The spread of arboreal species (*Betula* sect. *Betula*, *Picea obovata*, *Larix sibirica*) and associated boreal herbaceous plants began later (between 10.2 and 9.7 cal. ka BP) as climatic conditions improved. The most favorable conditions for tree birch and larch existed in the Seyakha river valley between 10.2 and 8.7 cal. ka BP, whereas the best conditions for the same species and spruce in the Yuribey river valley were observed between 10.2 and 4.4 cal. ka BP. It was much warmer than it is today, and open woodland or even closed forests were widespread. Forest degradation and spread of open landscapes with tundra communities occurred in the Seyakha river valley after 8.7–8.5 cal. ka BP and in the Yuribey river valley after 4.7–4.3 cal. ka BP. Climatic conditions became similar to modern ones. Today, arboreal species grow in the Khadytayakha river valley, forming extrazonal forest communities in the subarctic tundra zones.

Keywords: paleoecology, pollen, plant macrofossils, north of Siberian Plain, Bølling–Allerød interstadial, Younger Dryas, Holocene

For citation: Korona O.M., Trofimova S.S., Zhilich S.V., Lapteva E.G. Holocene vegetation dynamics of the Yamal Peninsula based on palaeobotanical data from relict peat bog deposits // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 446–451. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-446

1. Introduction

The Yamal Peninsula is an Arctic region that has been actively studied paleoecologically for many decades. Substantial amount of data has been collected on the dynamics of the Yamal vegetation during the Holocene based on palynological studies, analyses of plant macrofossils and subfossil wood. However, not all materials are suitable for paleoecological reconstructions. Plant communities and their dynamics at the end of the Late Pleistocene are poorly documented. In this paper, we reconstruct the dynamics of the Yamal plant communities along the North-South transect during the

Late Glacial and Holocene based on pollen and plant macrofossil analyses of relict peat bog deposits.

2. Materials and methods

Paleoecological reconstructions are based on pollen, plant macrofossil, and radiocarbon data obtained from six sections of the peat bog deposits. These were studied in the basins of the Seyakha (~70° N; Lapteva et al., 2024), Yuribey (~68.5° N; Korona et al., 2014), and Khadytayakha (~67.5° N; Panova et al., 2010) rivers. Pollen and plant macrofossil analyses followed

*Corresponding author.

E-mail address: lapteva@ipae.uran.ru (E.G. Lapteva)

Received: June 10, 2024; **Accepted:** June 28, 2024;

Available online: August 26, 2024

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



standard methods (Nikitin, 1969; Faegri and Iversen, 1975). We use calibrated radiocarbon ages expressed as age ranges at 2σ (see references for original radiocarbon dates).

3. Results

Palaeobotanical analysis revealed two groups of pollen spectra and plant macrofossil assemblages typical of the period from 14.7 to 4.2 cal ka BP. Paleofloras of the first group are dominated by pollen and macrofossils of dwarf birch (*Betula nana*) and willow (*Salix* sp.) with some participation of hypoarctic subshrubs (Ericales), sagebrush (*Artemisia*), species of sedge (Cyperaceae), wild grasses (Poaceae), and tundra forbs. The second group includes paleofloras with high pollen content, abundance or sporadic occurrence of vegetative parts, fruits, and seeds of arboreal plants (*Betula* sect. *Betula*, *Larix*, *Picea obovata*).

4. Discussion

The most ancient plant macrofossil assemblages containing seeds of tree birch (*Betula* sect. *Betula*) and fragments of spruce (*Picea* sp.) needles were obtained from the Yuribey river valley deposits. The age of the assemblages has been established by two AMS ^{14}C dates (14810–14150 and 13070–12720 cal. BP) which correspond to the Bølling–Allerød Interstadial (14.7–12.7 cal ka BP) (Korona et al., 2014). No pollen data are available. Open birch and birch-spruce woodlands of the forest-tundra type with dwarf birch and wet meadow vegetation were typical of the area during that period.

The pollen spectra and the macrofossil assemblage are dominated by dwarf birch, willow, sedge, including *Carex* spp. and *Eriophorum* sp., grasses, Rosaceae, including *Potentilla* sp. and *Rubus chamaemorus*, *Artemisia*, Polygonaceae, Ranunculaceae. These were obtained from the deposits of the first terrace of the Yuribey river. Their age is confirmed by the ^{14}C date of 12.6–11.9 cal ka BP, which correlates with the Younger Dryas (12.7–11.7 cal ka BP). The total content of arboreal pollen in the pollen spectra is less than 15%; arboreal macrofossils are absent. During that time, shrub tundra of dwarf birch with some participation of willow and species of sedges, grasses, and tundra forbs was dominant. Sagebrush grew in the areas with unformed turf cover. Today, *Artemisia tilesii* is widespread on alluvial slopes and in areas with disturbed soil cover in the Yuribey river valley (Rebristaya, 2013).

Wide distribution of open birch woodland occurred between 10.2 and 8.7 cal ka BP, which corresponds to the Greenlandian stage (11.7–8.2 cal ka BP) of the Holocene. This is confirmed by an increase in the abundance of pollen (20–30%) and numerous finds of *Betula* sect. *Betula* macrofossils in the deposits of the Seyakha and Yuribey rivers. Dated finds of subfossil birch wood from different locations on the Yamal peninsula also correspond to this interval (Kremenetski et al., 1998). Larch could be found in this woodland up to $\sim 70^\circ\text{N}$, whereas spruce up to $\sim 68^\circ\text{N}$. Fragments of

larch macrofossils were found along with birch in the Seyakha river valley, and fragments of spruce (*Picea obovata*) along with it in the Yuribey river deposits. The total content of coniferous pollen in the Seyakha river deposits constitutes less than 5% (Lapteva et al., 2024), whereas *Picea* pollen concentration in the Yuribey river valley exceeds 10%. Displacement of the tree birch range to the south of $\sim 70^\circ\text{N}$ is recorded at the end of the Greenlandian stage around 8.7–8.5 cal ka BP. This is indicated by disappearance of macrofossils and a decrease in *Betula* sect. *Betula* pollen up to 10% (Lapteva et al., 2024). Forest vegetation gradually degraded there, and subarctic tundra spread. Open forests or even closed taiga-type forests of tree birch, larch, and spruce existed in the valleys of the Yuribey ($\sim 68.5^\circ\text{N}$) and Khadytayakha ($\sim 67.5^\circ\text{N}$) rivers during the Northgrippian stage (8.2–4.2 cal ka BP), which is evidenced by the abundance of pollen and macrofossil finds of these arboreal species and boreal herbaceous plants (Panova et al., 2010). In addition, dendrochronological studies confirm that the northern forest boundaries gradually shifted southward of $\sim 68^\circ\text{N}$ during the Holocene period (Hantemirov et al., 2021). Pollen abundance decreased and macrofossils of spruce and tree birch disappeared from the Yuribey river deposits between 4.9 and 4.4 cal ka BP. This confirms the disappearance of arboreal vegetation in the Yuribey river valley and the formation of open tundra landscapes at the end of the Northgrippian stage. The tree-ring analysis (Hantemirov et al., 2021) of the youngest subfossil wood find discovered northward of 68°N indicates that the tree died in 2419 BC (4370 cal BP), and the number of trees diminished between 2550 and 2250 BC (4.5–4.2 cal ka BP). Palaeobotanical data (Panova et al., 2010) and subfossil wood finds (Hantemirov et al., 2021) show that arboreal vegetation also existed further south, in the Khadytayakha river valley, during the Meghalayan stage (~ 4.2 –0 cal ka BP). Today, birch (*Betula pubescens* subsp. *tortuosa*), larch (*Larix sibirica*), and spruce (*Picea obovata*) grow in the Khadytayakha river valley and form the northern forest boundary and extrazonal forest communities in Yamal (Rebristaya, 2013).

5. Conclusions

A comprehensive palaeobotanical study and radiocarbon dating of peat bog deposits of the Seyakha, Yuribey and Khadytayakha rivers enabled us to reconstruct the history of the Yamal vegetation changes along the North-South transect in the Late Glacial and Holocene.

Acknowledgements

The research was supported by the state assignments of the Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (theme No. 122021000095-0) and Institute of Archaeology and Ethnography, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (theme No. FWZG-2023-0010).

Conflicts of Interest

The authors declare no conflicts of interest.

References

- Faegri K., Iversen J. 1975. Textbook of pollen analysis, 3rd edn. Blackwell, Oxford
- Hantemirov R.M., Shiyatov S.G., Gorlanova L.A. et al. 2021. An 8768-year Yamal tree-ring chronology as a tool for paleoecological reconstructions. *Russian Journal of Ecology* 52: 419–427. DOI: [10.1134/S1067413621050088](https://doi.org/10.1134/S1067413621050088)
- Korona O.M., Trofimova S.S., Lapteva E.G. 2014. The First Reconstruction of the Late Glacial Plant Communities on the Yamal Peninsula Based on Plant Macrofossils. *Doklady Biological Sciences* 455: 83–86. DOI: [10.1134/S0012496614020021](https://doi.org/10.1134/S0012496614020021)
- Kremenetski C.V., Sulerzhitsky L.D., Hantemirov R. 1998. Holocene history of the northern range limits of some trees and shrubs in Russia. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 30: 317–333. DOI: [10.2307/1552004](https://doi.org/10.2307/1552004)
- Lapteva E.G., Korona O.M., Kosintsev P.A. 2024. Dynamics of the vegetation of Central Yamal in the Holocene. *Russian Journal of Ecology* 55: 1–11. DOI: [10.1134/S1067413624010053](https://doi.org/10.1134/S1067413624010053)
- Nikitin V.P. 1969. *Paleokarpologicheskii metod (Paleocarpological Method)*. Tomsk. Gos. Univ., Tomsk. (in Russian)
- Panova N.K., Trofimova S.S., Antipina T.G. et al. 2010. Holocene dynamics of vegetation and ecological conditions in the Southern Yamal Peninsula according to the results of comprehensive analysis of relict peat bog deposits. *Russian Journal of Ecology* 41: 20–27. DOI: [10.1134/S1067413610010042](https://doi.org/10.1134/S1067413610010042)
- Rebristaya O.V. 2013. *Flora poluostrova Yamal. Sovremennoe sostoyanie i istoriya formirovaniya (Flora of the Yamal Peninsula. Modern State and History of the Formation)*. LETI, St. Petersburg. (in Russian)

Динамика растительности Ямала в голоцене на основе палеоботанических данных из отложений реликтовых торфяников

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGYКорона О.М.¹, Трофимова С.С.¹, Жилич С.В.², Лаптева Е.Г.^{1*}¹Институт экологии растений и животных УрО РАН, ул. 8 Марта, 202, Екатеринбург, 620144, Россия²Институт археологии и этнографии СО РАН, проспект Лаврентьева, 17, Новосибирск, 630090, Россия

АННОТАЦИЯ. Проведено комплексное палеоэкологическое изучение озерно-болотных отложений из шести местонахождений рек Сеяхи (~70⁰ с.ш.), Юрибей (~68.5⁰ с.ш.) и Хадытаяхи в зоне субарктических тундр на полуострове Ямал. На основе результатов палинологического и карпологического методов и данных радиоуглеродного датирования прослежены хронологические изменения растительных сообществ полуострова по трансекте с севера на юг в позднеледниковый и послеледниковый периоды. Установлено, в бёллинг-аллерёдском потеплении (14.7–12.7 тыс. кал. л.н.) существовали редколесья из березы древовидной и ели в долине р. Юрибей. В позднем дриасе около 12.6–11.7 тыс. кал. л.н. на данной территории в климатических условиях близких к современным были распространены кустарниковые тундры с *Betula nana*. Около 10.2–9.7 тыс. кал. л.н. в связи с улучшением климатических условий началось распространение древесных пород (*Betula sect. Betula*, *Picea obovata*, *Larix sibirica*) и сопутствующих им бореальных травянистых растений. Наиболее благоприятные условия для произрастания березы древовидной формы и лиственницы в долине р. Сеяхи были в интервале 10.2–8.7 тыс. кал. л.н., этих же пород совместно с елью в долине р. Юрибей в интервале 10.2–4.4 тыс. кал. л.н. Были распространены редколесья или даже сомкнутые леса, климат был значительно теплее современного. После деградации лесной растительности в долинах рек Сеяхи после 8.7–8.5 тыс. кал. л.н. и Юрибей после 4.7–4.3 кал. л.н. распространились открытые ландшафты с тундровыми сообществами. Климатические условия стали близки к современным. В долине р. Хадытаяха древесные породы произрастают в настоящее время, формируя экстразональные лесные сообщества среди зональных субарктических тундр.

Ключевые слова: палеоэкология, пыльца, макроостатки растений, север Западной Сибири, интерстадиал бёллинг-аллерёд, поздний дриас, голоцен

Для цитирования: Корона О.М., Трофимова С.С., Жилич С.В., Лаптева Е.Г. Динамика растительности Ямала в голоцене на основе палеоботанических данных из отложений реликтовых торфяников // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 446–451. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-446

1. Введение

Полуостров Ямал – регион Арктики, активно изучаемый в палеоэкологическом плане на протяжении многих десятилетий. К настоящему времени накоплен довольно обширный материал по динамике растительности полуострова Ямал в голоцене на основе результатов палинологического изучения, анализа растительных макроостатков и сборов субфоссильной древесины, но не все материалы пригодны палеоэкологических реконструкций. Информация о растительных сообществах и их динамике в конце позднего плейстоцена еди-

на. Цель настоящей работы – проследить динамику растительных сообществ Ямала по трансекте с севера на юг в течение позднеледниковья и голоцена на основе данных палинологического и палеокарпологического анализов отложений реликтовых торфяников.

2. Материалы и методы

Основой для палеоэкологических реконструкций послужили пыльца, макроостатки растений и радиоуглеродные даты, полученные из

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: lapteva@ipae.uran.ru (Е.Г. Лаптева)

Поступила: 10 июня 2024; Принята: 28 июня 2024;

Опубликована online: 26 августа 2024

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



изученных нами шести разрезов озерно-болотных отложений в бассейнах рек Сеяха (~70⁰ с.ш.; Lapteva et al., 2024), Юрибей (~68.5⁰ с.ш.; Корона и др., 2014) и Хадытаяха (~67.5⁰ с.ш.; Панова и др., 2010). Палинологический и палеокарпологический анализы выполнены по стандартным методикам (Никитин, 1969; Faegri and Iversen, 1975). В данной работе используется калиброванный возраст (2σ) радиоуглеродных дат, первичная информация содержится в указанных публикациях.

3. Результаты

Анализ палеоботанических данных показал, что полученные разновозрастные пыльцевые спектры и комплексы макроостатков растений, характеризующие интервал от 14.7 до 4.2 кал. л.н., можно разделить на две группы. В палеофлорах первой группы преобладает пыльца и макроостатки карликовой березки (*Betula nana* L.) и ивы (*Salix* sp.) при участии гипоарктических кустарничков (Ericales), полыни (*Artemisia*), видов осок (Cyperaceae), дикорастущих злаков (Poaceae), тундрового разнотравья. Во вторую группу объединены палеофлоры с высоким содержанием пыльцы, обилием или единичным присутствием вегетативных частей, плодов и семян древесных растений (*Betula* sect. *Betula*, *Larix*, *Picea obovata*).

4. Обсуждение

Наиболее древние комплексы макроостатков растений содержащие семена березы древовидной (*Betula* sect. *Betula*) и фрагменты хвоинок ели (*Picea* sp.) получены из отложений в долине р. Юрибей. Возраст комплексов установлен по двум AMS ¹⁴C датам 14810-14150 и 13070-12720 кал. л.н., которые соответствуют интерстадиалу бёллинг-аллерёд (14.7–12,7 тыс. кал. л.н.) (Корона и др., 2014). Пыльцевые данные отсутствуют. В это время были распространены березовые и березово-еловые редколесья лесотундрового типа с ерником и болотно-луговой растительностью.

Пыльцевые спектры и комплекс макроостатков с доминированием карликовой березки, ивы, осок, в том числе *Carex* spp. и *Eriophorum* sp., злаков, Rosaceae, в том числе *Potentilla* sp. и *Rubus chamaemorus*, *Artemisia*, Polygonaceae, Ranunculaceae получены из отложений первой террасы р. Юрибей, возраст которых подтверждён ¹⁴C датой 12.6–11.9 тыс. кал. л.н., что соотносится с поздним дриасом (12.7–11.7 тыс. кал. л.н.). Суммарное содержание пыльцы деревьев в пыльцевых спектрах менее 15%, макроостатки деревьев отсутствуют. В это время кустарниковые тундры из карликовой березки при участии ивы и видов осоковых, злаковых и тундрового разнотравья доминировали. В местообитаниях с несформированным дерновым покровом произрастала полынь. В настоящее время на аллювиальных склонах и участках с нарушенным почвенным покровом в долине р. Юрибей произрастает преи-

мущественно *Artemisia tilesii* (Ребристая, 2013).

Широкое распространение березовых редколесий при участии лиственницы вплоть до ~70⁰ с.ш. и ели до ~68.5⁰ с.ш. выявлено в интервале 10.2-8.7 кал. л.н., который соответствует гренландской стадии (11,7-8,2 тыс. кал. л.н.) голоцена. Об этом свидетельствуют увеличение обилия пыльцы (20-30%) и массовые находки макроостатков *Betula* sect. *Betula* в отложениях в районе рек Сеяха и Юрибей. Также датированные находки полуископаемой древесины березы из разных точек Ямала соответствуют этому возрастному интервалу (Kremenetski et al., 1998). Вместе с березой обнаружены фрагменты макроостатков лиственницы в долине р. Сеяхи, а вместе с ней ели (*Picea obovata*) в отложениях р. Юрибей. Суммарное содержание пыльцы хвойных пород в отложениях р. Сеяхи составляет менее 5% (Lapteva et al., 2024), а в долине р. Юрибей содержание *Picea* превышает 10%. Смещение ареала березы древовидной к югу от ~70⁰ с.ш. фиксируется около 8.7-8.5 кал. л.н. в конце гренландской стадии по исчезновению макроостатков и уменьшению пыльцы *Betula* sect. *Betula* до 10% (Lapteva et al., 2024). Постепенно лесная растительность здесь деградировала и распространились субарктические тундры. В долинах рек Юрибей (~68.5⁰ с.ш.) и Хадытаяха (~67.5⁰ с.ш.) редколесья или даже сомкнутые леса таежного типа из березы древовидной, лиственницы и ели существовали в течение северогриппианской стадии (8,2-4,2 тыс. кал. л.н.), что подтверждается обилием пыльцы и находками макроостатков этих древесных пород и бореальных травянистых растений (Панова и др., 2010). В то же время в течении этого интервала голоцена происходило постепенное смещение к югу от ~68⁰ с.ш. северной границы леса, что подтверждается дендрохронологическими исследованиями (Хантемиров и др., 2021). Сокращение обилия пыльцы и исчезновение макроостатков ели и березы древовидной в отложениях р. Юрибей наблюдается в интервале 4.9–4.4 тыс. кал. л.н. подтверждает исчезновение древесной растительности в долине р. Юрибей и формирование открытых тундровых ландшафтов в конце северогриппианской стадии. Согласно результатам древесно-кольцевого анализа полуископаемой древесины (Хантемиров и др., 2021), последнее из найденных к настоящему времени деревьев севернее 68⁰ с.ш. погибло в 2419 г. до н.э. (4370 кал. л.н.), а сокращение численности деревьев происходило в интервале 2550–2250 гг. до н.э. (4.5–4.2 тыс. кал. л.н.). Южнее, в долине р. Хадытаяха древесная растительность существовала также в течение мегхалайской стадии (~4,2–0 тыс. кал. л.н.), о чем свидетельствуют палеоботанические данные (Панова и др., 2010) и находки полуископаемой древесины (Хантемиров и др., 2021). В настоящее время береза древовидной группы (*Betula pubescens* subsp. *tortuosa*), лиственница (*Larix sibirica* L.) и ель (*Picea obovata*) произрастают в долине р. Хадытаяха, формируют северную границу леса и экстразональные лесные сообщества на Ямале (Ребристая, 2013).

5. Заключение

Результаты комплексного палеоботанического изучения и радиоуглеродного датирования озерно-болотных отложений рек Сеяха, Юрибей и Хадытаяха позволили восстановить историю изменений растительности Ямала по трансекте с севера на юг в течение позднеледниковья и голоцена.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках ГЗ Института экологии растений и животных УрО РАН (тема № 122021000095-0) и Института археологии и этнографии СО РАН (тема № FWZG-2023-0010).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

Корона О.М., Трофимова С.С., Лаптева Е.Г. 2014. Первые реконструкции позднеледниковых растительных сообществ полуострова Ямал на основе растительных макроостатков. Доклады Академии наук 455 (1): 110–113. DOI: [10.7868/S0869565214070275](https://doi.org/10.7868/S0869565214070275)

Никитин В.П. 1969. Палеокарпологический метод. Томск: Томский гос. ун-т.

Панова Н.К., Трофимова С.С., Антипина Т.Г. и др. 2010. Динамика растительности и экологических условий в голоцене на Южном Ямале (по данным комплексного анализа отложений реликтового торфяника). Экология 1: 22–30.

Ребристая О.В. 2013. Флора полуострова Ямал. Современное состояние и история формирования. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Хантемиров Р.М., Шиятов С.Г., Горланова Л.А. и др. 2021. 8768-летняя Ямальская древесно-кольцевая хронология как инструмент для палеоэкологических реконструкций. Экология. № 5: 388-397. DOI: [10.31857/S0367059721050085](https://doi.org/10.31857/S0367059721050085)

Fægri K., Iversen J. 1975. Textbook of pollen analysis, 3rd edn. Blackwell, Oxford

Kremenetski C.V., Sulerzhitsky L.D., Hantemirov R. 1998. Holocene history of the northern range limits of some trees and shrubs in Russia. Arctic, Antarctic, and Alpine Research 30: 317–333. DOI: [10.2307/1552004](https://doi.org/10.2307/1552004)

Lapteva E.G., Korona O.M., Kosintsev P.A. 2024. Dynamics of the vegetation of Central Yamal in the Holocene. Russian Journal of Ecology 55: 1–11. DOI: [10.1134/S1067413624010053](https://doi.org/10.1134/S1067413624010053)