

On the question of Coniferous Island expansion in the north of the Central Kamchatka Depression during the Holocene

Short communication

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGYMukhametshina E.O.^{1,2*}, Shchekleina M.D.³¹Institute of Geography, RAS, Moscow, Staromonetny lane, 29, bld. 4, 119017, Russia²Geological Institute RAS, Moscow, Pyzhevsky lane 7, bld. 1, 119017, Russia³Fersman Mineralogical Museum, Moscow, Leninsky avenue, 18, bld. 2, 119071, Russia

ABSTRACT. Despite the long history of studying the conifers dispersal in the Central Kamchatka Depression during the Holocene, the understanding of vegetation dynamics in the northern part of the depression is much weaker due to the lack of palynological sections. Pollen analysis of a peat section located to the southwestern of Shiveluch volcano allowed an assessment of the “Coniferous Island’s” expansion dynamics in the northern part of the Central Kamchatka Depression. According to the data obtained, the expansion of larch forests in this area began about 700 cal. yrs. BP, i.e. 100-150 yrs. later than in the southern part of the depression. Spruce, which replaces larch during succession, began to spread here about 400 cal. yrs. BP, as in the rest of the depression.

Keywords: Kamchatka, pollen analysis, Late Holocene

For citation: Mukhametshina E.O., Shchekleina M.D. On the question of Coniferous Island expansion in the north of the Central Kamchatka Depression during the Holocene // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 522-527. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-522

1. Introduction

The question of Holocene vegetation changes in Kamchatka, especially in the Central Kamchatka Depression (CKD), has long been of interest to researchers (Braitseva et al., 1968; Skiba, 1975; Khotinsky, 1977, etc.). Due to the more favourable climatic conditions of the CKD compared to the coastal areas of the Peninsula, a so-called “Coniferous Island” with forests of larch (*Larix gmelinii* (Rupr.) Kuzen.) and spruce (*Picea jezoensis* (Siebold & Zucc.) Carriere) spread in the depression. The restoration and expansion of these coniferous forests after their almost complete disappearance during the Late Pleistocene glaciation is of particular interest to researchers (Braitseva et al., 1968). It is considered that during glaciations, biological refugia supported populations of larch and spruce in the CKD (Braitseva et al., 1968), and during interglacial periods, including the Holocene, they could expand. Throughout most of the Holocene, deciduous species dominated the forest composition of the CKD, but after 1700 cal. yrs. BP there was a gradual expansion of larch and spruce forests (Dirksen et al., 2013).

The northern part of the CKD is less studied due to difficulties in finding good sections for pollen analy-

sis. The aim of our work was to study changes in pollen concentration of conifers in the sediments of a peat core located to the south-west of Shiveluch volcano, in order to assess the dynamics of the boundaries of the Conifer Island in the northern part of the CKD. The study will help to clarify the Late Holocene history of vegetation change in this area.

2. Materials and methods

The core Kich is located 17 km north-east of the village Kluchi in a long depression between the Shiveluch and Kharchinsky volcanoes. From the south, the depression is blocked by a moraine of a glacier that advanced from the slope of Shiveluch volcano in the CKD during the last glaciation (Zelenin et al., 2023). The depression is drained by the Kich River, from which the core takes its name. The core shows peaty loam (5.15-5.03 m) and peat (5.03-0.15 m) with numerous layers of ash. Based on tephrochronological and radiocarbon dating, these sediments were accumulating over a period of about 3000 years, corresponding to an average accumulation rate of about 0.14 cm/year.

Samples for pollen analysis were prepared

*Corresponding author.

E-mail address: eomukhametshina@gmail.com (E.O. Mukhametshina)

Received: June 07, 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.



according to the separation technique of V.P. Grichuk (Grichuk and Zaklinskaya, 1948) using HPS-W heavy liquid. Acetolysis was performed with propionic anhydride (Mazei and Novenko, 2021). When calculating the percentages of pollen taxa, the sum of pollen from terrestrial plants was taken as the base. A tablet containing a known number of *Lycopodium* spores was added to each sample to determine the concentration of pollen in the sediments (Stockmarr, 1971) and to calculate pollen accumulation rates (PAR).

3. Results and Discussion

Pollen analysis of peaty loam and peat from the Kich core showed that the larch pollen content was very low up to 700 cal. yrs. BP. (<1%), and after that it increased, reaching 0.3-3.5%. The low content of larch pollen in sediments is primarily connected to poor preservation during fossilization; therefore, such increase in the proportion of *Larix* pollen reflects the expansion of the larch forests.

Percentage of spruce pollen increases after 400 cal. yrs. BP from less than 2.7% to 2.4-6.1%. The proportion of larch and then spruce pollen in the pollen assemblages increases due to successional changes that are currently developing in normally drained habitats of Central Kamchatka (Neshataeva, 2009).

Pollen concentration is determined for each species individually and does not depend on the amount of other taxa pollen in the same sample, which makes it possible to trace changes across the section even for plants with low pollen productivity (Borisova, 2011). The pollen concentrations of conifers pollen in the studied sediments as well as proportion in pollen assemblages remain low throughout the section. However, while the proportions of *Larix* and *Picea* pollen increase in the upper part of the core, the concentration of spruce pollen remains virtually unchanged throughout the study period, and the concentration of larch pollen even decreases. These changes in concentrations are explained by a natural decrease in peat density in the upper part of the section.

To avoid the influence of this “increase” in the sediment accumulation rate over time, the pollen accumulation rates (PAR) can be calculated. This technique takes into account changes in the sedimentation rate (Borisova, 2011). The PAR values for larch are high between 2250-1650 cal. yrs. BP., then decreased and increased again after 700 cal. yrs. BP. The PAR values for spruce remained relatively low until 400 cal. yrs. BP. and then increased. Thus, the amount of pollen from these coniferous trees deposited on the soil surface increased after 700 cal. yrs. BP. This likely reflects both a rise in their pollen production and their expanding presence in local forest communities due to more favourable climatic conditions.

Analysis of published data on the Holocene vegetation and climate history of Kamchatka indicates that landscape and climate changes occurred asynchronously across the peninsula (Dirksen et al., 2013). Studies of sections in the southern CKD show the presence of coniferous pollen in sediments through-

out the Holocene, with a significant increase after 840 cal. yrs. BP (Braitseva et al., 1968; Dirksen et al., 2013). The Coniferous Island in the southern part of the depression reached its maximum extent around 450-320 cal. yrs. BP (Dirksen et al., 2013).

Our data suggest that larch forests in the northern CKD began to spread about 100-150 years later than in the southern parts of the depression. This may indicate that larch refugia were primarily located in the south, leading to an earlier spread of larch forests there once favourable conditions emerged. Meanwhile, spruce, which succeeds larch, began to expand its range across the entire Central Kamchatka Depression after 400 cal. yrs. BP.

4. Conclusions

Thus, our study confirms the expansion of the Conifer Island in the CKD at the end of the Holocene, which occurred about 100-150 years later in the north of the depression than in the south. This difference may be explained by the more southerly location of glacial conifer refugia.

Acknowledgements

The Authors express their gratitude to O.K. Borisova for her valuable comments and guidance at all stages of work, as well as to A.L. Zakharov and D.D. Vorontsov for their assistance in collecting field data.

Field work was carried out with the support of the Megagrant “Palaeoecological reconstructions as the key to understanding past, current, and future climate and environmental changes in Russia” (agreement no. 075-15-2021-599, August 6, 2021). Laboratory work was made with support of the Russian Science Foundation grant no. 21-77-10102. Palynological studies were carried out within the framework of the state assignment to the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences (FMWS-2024-0005).

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest.

References

- Borisova O.K. 2011. Interpretation of palynological data with the concentration and pollen accumulation rate. In: Problems of modern palynology. Materials of the XIII Russian palynological conference with international participation, pp. 85-89.
- Braitseva O.A., Melekescev I.V., Evteeva I.S. et al. 1968. Stratigraphy of Quaternary deposits and glaciation of Kamchatka. Moscow: Nauka. (In Russian)
- Dirksen V., Dirksen O., Diekmann B. 2013. Holocene vegetation dynamics and climate change in Kamchatka Peninsula, Russian Far East. Review of Palaeobotany and Palynology. 190: 48-65. DOI: [10.1016/j.revpalbo.2012.11.010](https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2012.11.010)
- Grichuk V.P., Zaklinskaya E.D. 1948. Analysis of fossil pollen and spores and its application to paleogeography. Moscow: OGIZ, GEOGRAFGIZ. (In Russian)
- Khotinsky N.A. 1977. Holocene of Northern Eurasia:

experience of transcontinental correlation of stages of development of vegetation and climate. Moscow.: Nauka. (In Russian)

Mazei N.G., Novenko E.Yu. 2021. The use of propionic anhydride in the sample preparation for pollen analysis. *Nature Conservation Research. Zapovednaya nauka.* 6(3): 110-112. DOI: [10.24189/ncr.2021.036](https://doi.org/10.24189/ncr.2021.036)

Neshataeva V.YU. 2009. *Vegetation of the Kamchatka Peninsula.* Moscow: KMK. (In Russian)

Skiba L.A. 1975. *History of the development of vegetation in Kamchatka in the late Cenozoic.* Moscow: Nauka. (In Russian)

Stockmarr J. 1971. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et spores.* 13: 614-621.

Zelenin E., Gurinov A., Garipova S., Zakharov A. 2023. Geomorphology of the Central Kamchatka Depression, the Kamchatka Peninsula, NE Pacific. *Journal of Maps.* 19(1): 2252006. DOI: [10.1080/17445647.2023.2252006](https://doi.org/10.1080/17445647.2023.2252006)

К вопросу о расширении «хвойного острова» на севере Центральной Камчатской депрессии в голоцене

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGYМухаметшина Е.О.^{1,2*}, Щеклеина М.Д.³¹Институт географии, Российская академия наук, Москва, Старомонетный переулок, 29, стр. 4, 119017, Россия²Геологический институт РАН, Москва, Пыжевский пер, 7, стр.1, 119017, Россия³Минералогический Музей им. А.Е. Ферсмана РАН, Москва, Ленинский проспект, 18, корп. 2, 119071, Россия

АННОТАЦИЯ. Несмотря на многолетнюю историю изучения распространения хвойных пород деревьев в Центральной Камчатской депрессии в голоцене, изученность динамики растительности в северной части депрессии значительно слабее из-за отсутствия разрезов, подходящих для палинологического исследования. Спорово-пыльцевой анализ разреза торфяника, расположенного у юго-западного подножия вулкана Шивелуч, позволил оценить динамику расширения «хвойного острова» в северной части Центральной Камчатской депрессии. Согласно полученным данным, экспансия лиственничников в этом районе началась примерно 700 кал. л. н., что на 100-150 лет позже, чем в южной части депрессии. Ель, в ходе сукцессии сменяющая лиственницу в качестве основной лесобразующей породы, стала распространяться здесь около 400 кал. л. н., как и в остальной части депрессии.

Ключевые слова: Камчатка, спорово-пыльцевой анализ, поздний голоцен

Для цитирования: Мухаметшина Е.О., Щеклеина М.Д. К вопросу о расширении «хвойного острова» на севере Центральной Камчатской депрессии в голоцене // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 522-527. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-522

1. Введение

Вопрос голоценового изменения растительности Камчатки, в частности Центральной Камчатской депрессии (далее – ЦКД), давно интересует исследователей (Брайцева и др., 1968; Скиба, 1975; Хотинский, 1977 и др.). Благодаря более благоприятным климатическим условиям ЦКД в сравнении с прибрежными районами полуострова в днище депрессии расположен так называемый «хвойный остров» из лесов с участием лиственницы Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Kuzen.) и ели аянской (*Picea jezoensis* (Siebold & Zucc.) Carrière). Особое внимание исследователей привлекает восстановление и экспансия этих хвойных лесов после их почти полного исчезновения во время позднеплейстоценового оледенения (Брайцева и др., 1968). Считается, что во время оледенений популяции хвойных деревьев сохранялись в небольших рефугиумах в ЦКД (Брайцева и др., 1968), а в межледниковые этапы, в том числе в голоцене, их ареалы восстанавливались и расширялись. На протяжении большей части голоцена в составе лесов в ЦКД господствовали

лиственные породы, но после 1700 кал. л. н. происходила постепенная экспансия лиственничников и ельников (Dirksen et al., 2013).

Северная часть ЦКД относительно слабо изучена с точки зрения изменения состава растительности в течение голоцена из-за трудностей с поиском подходящих для спорово-пыльцевого анализа разрезов. Целью нашей работы было проследить изменения содержания пыльцы хвойных пород деревьев в отложениях торфяника, расположенного у юго-западного подножия вулкана Шивелуч, для оценки динамики границ «хвойного острова» в северной части ЦКД. Проведенные исследования позволяют уточнить позднеголоценовую историю изменений растительности в этом районе.

2. Материалы и методы

Скважина Кич была заложена в 17 км к северо-востоку от пос. Ключи в удлиненной межгорной впадине между вулканами Шивелуч и Харчинский. С юга впадина перегорожена холмисто-западинной мореной ледника, выдвигавшегося со склона вул-

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: eomukhametshina@gmail.com (Е.О. Мухаметшина)

Поступила: 07 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.



кана Шивелуч в ЦКД во время последнего оледенения (Zelenin et al., 2023). Впадина дренируется рекой Кич, по которой скважина получила свое название. В керне вскрываются оторфованный суглинок (5,15-5,03 м) и торф (5,03-0,15 м) с многочисленными прослоями пеплов. На основе тефрохронологического и радиоуглеродного анализов удалось установить, что эти осадки образовались приблизительно в течение 3000 лет, что соответствует средней скорости накопления около 0,14 см/год.

Подготовка образцов на пыльцевой анализ проведена по сепарационной методике В.П. Гричука (Гричук и Заклинская, 1948) с использованием тяжелой жидкости ГПС-В. Ацетализ проводился с пропионовым ангидридом (Мазей и Новенко, 2021). При расчете процентных соотношений пыльцевых таксонов за базовую сумму принималась сумма пыльцы наземных растений. В каждый образец было добавлено по одной таблетке с известным количеством спор *Lycopodium* для определения концентрации пыльцы в осадках (Stockmarr, 1971) и для последующего расчета удельных скоростей аккумуляции.

3. Результаты и обсуждение

Спорово-пыльцевой анализ оторфованного суглинка и торфа из скважины Кич показал, что содержание пыльцы лиственницы оставалось очень низким до 700 кал. л. н. (< 1%), после чего немного увеличилось, достигая 0,3-3,5%. Как известно, низкое содержание пыльцы лиственницы в осадках связано в первую очередь с ее плохой сохранностью при фоссилизации, поэтому даже такой рост доли пыльцы *Larix* указывает на увеличение ее роли в составе лесов в процессе расширения ареала лиственницы.

Содержания пыльцы ели демонстрирует небольшой рост после 400 кал. л. н. Если до этого времени ее доля не превышала 2,7%, то после она возросла до 2,4-6,1%. Увеличение доли пыльцы лиственницы, а затем и ели в спорово-пыльцевых спектрах можно объяснить сукцессионными изменениями, которые развиваются и в настоящее время на нормально дренированных местообитаниях Центральной Камчатки (Нешатаева, 2009).

Концентрация пыльцы определяется для каждого таксона индивидуально и не зависит от количества пыльцы других таксонов в том же образце, что дает возможность проследить изменения по разрезу даже для растений, продуцирующих мало пыльцы (Борисова, 2011). Как и доля в спорово-пыльцевых спектрах, концентрации пыльцы хвойных деревьев в исследуемых осадках остаются низкими на протяжении всего разреза. Однако, в то время как процентные содержания пыльцы *Larix* и *Picea* в верхней части керна возрастают, концентрация пыльцы ели за весь исследованный период практически не изменяется, а концентрация пыльцы лиственницы даже снижается. Эти изменения концентраций объясняются закономерным снижением плотности торфа в верхней части разреза.

Для того, чтобы избежать влияния этого види-

мого «увеличения» скорости накопления отложений во времени, необходимо провести подсчет удельных скоростей аккумуляции (УСА) пыльцы, который учитывает изменения скорости осадконакопления на каждом этапе формирования исследуемой толщи (Борисова, 2011). Анализ графиков УСА для лиственницы и ели показывает, что продуктивность лиственницы была сравнительно высокой 2250-1650 кал. л. н., затем снизилась и снова возросла около 700 кал. л. н. УСА пыльцы ели оставались относительно низкими вплоть до 400 кал. л. н., после чего возросли. Таким образом, поступление пыльцы этих хвойных деревьев на поверхность почвы действительно увеличилось после 700 кал. л. н., что, вероятно, отражает как увеличение их пыльцевой продуктивности, так и рост доли в местных лесных сообществах при наступлении более благоприятных климатических условий.

Анализ опубликованных данных, посвященных голоценовой истории растительности и климата Камчатки, показал, что ландшафтно-климатические изменения происходили в разных частях полуострова не одновременно (Dirksen et al., 2013). Исследование разрезов на юге ЦКД показывают присутствие пыльцы хвойных пород в осадках на протяжении всего голоцена и заметное увеличение ее содержания после 840 кал. л. н. (Брайцева и др., 1968; Dirksen et al., 2013). Своего максимального распространения «хвойный остров» на юге ЦКД достиг около 450-320 кал. л. н. (Dirksen et al., 2013).

Согласно нашим данным, на севере ЦКД лиственничники начали распространяться примерно на 100-150 лет позже, чем в южных частях депрессии. Возможно, это может быть свидетельством того, что рефугиумы лиственницы располагались в основном в южной части депрессии, и поэтому при наступлении благоприятных условий распространение лиственничников на юге депрессии началось раньше. При этом ель, в ходе сукцессии сменяющая лиственницу в качестве лесобразующей породы, стала расширять свой ареал после 400 кал. л. н. на всем пространстве ЦКД.

4. Заключение

Таким образом, наше исследование подтверждает заметное расширение «хвойного острова» в ЦКД в конце голоцена, которое происходило на севере депрессии приблизительно на 100-150 лет позже, чем на юге. Возможно, эта разница объясняется более южным расположением гляциальных рефугиумов хвойных пород.

Благодарности

Авторы выражают благодарность О.К. Борисовой за советы при написании этой работы, Д.Д. Воронцову и А.Л. Захарову за помощь при сборе полевых материалов.

Полевые работы выполнены за счет Мегагранта (соглашение № 075-15-2021-599 от 08.06.2021), лабораторные исследования выпол-

нены в рамках проекта РФФ № 21-77-10102, палинологические исследования проведены по Госзаданию ИГ РАН FMWS-2024-0005.

Конфликт интересов

Авторы заявляют отсутствие конфликта интересов.

Список литературы

Борисова О.К. 2011. Интерпретация палинологических данных с учетом концентрации и скорости аккумуляции пыльцы и спор. В сборнике: Проблемы современной палинологии. Материалы XIII Российской палинологической конференции с международным участием, с. 85-89.

Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Евтеева И.С. и др. 1968. Стратиграфия четвертичных отложений и оледенения Камчатки. М.: Наука.

Гричук В.П., Заклинская Е.Д. 1948. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М.: ОГИЗ, ГЕОГРАФИЗ.

Мазей Н.Г., Новенко Е.Ю. 2021. Применение пропионового ангидрида при пробоподготовке проб для спорово-пыльцевого анализа. *Nature Conservation Research*. Заповедная наука. 6(3): 110-112. DOI: [10.24189/ncr.2021.036](https://doi.org/10.24189/ncr.2021.036)

Нешатаева В.Ю. 2009. Растительность полуострова Камчатка. М.: т-во науч. изданий КМК.

Скиба Л.А. 1975. История развития растительности Камчатки в позднем кайнозое. М.: Наука.

Хотинский Н.А. 1977. Голоцен Северной Евразии: опыт трансконтинентальной корреляции этапов развития растительности и климата. М.: Наука.

Dirksen V., Dirksen O., Diekmann B. 2013. Holocene vegetation dynamics and climate change in Kamchatka Peninsula, Russian Far East. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 190: 48–65. DOI: [10.1016/j.revpalbo.2012.11.010](https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2012.11.010)

Stockmarr J. 1971. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et spores*. 13: 614-621.

Zelenin E., Gurinov A., Garipova S., Zakharov A. 2023. Geomorphology of the Central Kamchatka Depression, the Kamchatka Peninsula, NE Pacific. *Journal of Maps*. 19(1): 2252006. DOI: [10.1080/17445647.2023.2252006](https://doi.org/10.1080/17445647.2023.2252006)