

Environmental evolution of the south shore of Kandalaksha Bay, as indicated by the study of bottom sediments from small lakes

Short communication

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGY

Shelekhova T.S.*, Lavrova N.B.

Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya St., 11, Petrozavodsk, 185910, Karelia, Russia

ABSTRACT. Environmental changes on the south shore of Kandalaksha Bay in Holocene time were reconstructed by analyzing the data obtained by palynological and ^{14}C methods. Diatom complexes of marine, freshwater and transition facies are described. The possible application of pollen indicators for a better understanding of the genesis of sediments is discussed.

Keywords: Holocene, bottom sediments, pollen analysis, diatom analysis, White Sea

For citation: Shelekhova T.S., Lavrova N.B. Environmental evolution of the south shore of Kandalaksha Bay, as indicated by the study of bottom sediments from small lakes // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 665-669. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-665

1. Introduction

The study of ancient ecosystems' dynamics is becoming increasingly essential as various scenarios of environmental conditions are proposed. Variations in the relative White Sea level in Late Glacial and Holocene time have been the subject of numerous studies (Kolka et al., 2019; Shelekhova et al., 2021; 2024). The evolutionary dynamics of the south Kandalaksha Bay shore is poorly understood. Bottom sediments from small lake basins, which existed earlier as part of large basins earlier, contain a complete record of variations in ancient natural environments. Diatom and palynological data on bottom sediments from the small lakes located on the south shore of Kandalaksha Bay were analyzed to reveal general trends in environmental evolution.

2. Materials and methods

Material for the present study was provided by cores from the small lakes located at an altitude of 10 to 28 m above sea level. Methods for preparing and studying samples by diatom and palynological analyses are described in (Shelekhova et al., 2021). Data on and paleogeographic materials from the nearest areas were analyzed and compared. The data were compared with the chronological units of the Holocene using the periodization accepted by the International Commission on Stratigraphy (Cohen and Gibbard, 2019).

*Corresponding author.

E-mail address: shelekh@krc.karelia.ru (T.S. Shelekhova)

Received: June 11, 2024; **Accepted:** July 08, 2024;

Available online: August 26, 2024

3. Results and discussion

Early Holocene. Pollen complexes contain an abundance of *Pinus* pollen (maximum 88%). *Betula* sect. *Albae* pollen makes up no more than 20-30%. Grasses are dominated by Poaceae and Cyperaceae pollen (each taxon accounts for 5-10%), while *Artemisia* and Chenopodiaceae pollen makes up 1-2%. Spore plants are dominated by Polypodiaceae (less than 1%) and sub-dominated by Lycopodiaceae. A decrease in the base level of erosion, provoked by the ongoing glacio-isostatic uplift of the Baltic Shield, triggered a decline in groundwater level in the study area. These factors contributed to the active spreading of pine, which occupied habitats conducive to its growth. The study area was occupied by monodominant pine and thin birch-pine forests. Their thinness is indicated by the presence of club-moss (*Diphasiastrum alpinum*, *D. complanatum*, *L. pungens*) in Early Holocene sediments. Sedimentation took place in a sea basin, as indicated by the diatoms *Hyalodiscus* spp., *Grammatophora* spp., *Paralia sulcata*, *Trachyneis aspera*, *Rhabdonema* spp. *Amphora* spp., *Diploneis* spp., etc. *Dimerogramma* spp., *Lyrella* spp., *Melosira nummuloides*, *Talassionema nitzschioides*, *Mastogloia* spp., etc. The same is indicated by the pollen of the halophytes *Plantago maritima*. *Salicornia herbacea*, *Atriplex nudicaulis* and Juncaginaceae (*Triglochin maritima*). Asteraceae (*Aster* type) pollen was identified by the authors as *Tripolium vulgare*. This species

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



is abundant in various plant communities in the White Sea's tidal zone.

Middle Holocene. The distinctive feature of the pollen spectra analyzed is the presence of *Ulmus*, *Tilia*, *Quercus* and *Corylus* pollen. Spore-and-pollen spectra were probably enriched in pollen produced by broad-leaved trees in warm, humid climate. A small quantity of the pollen of thermophilic woody plants suggests that it was carried by wind from areas located farther south. The northern boundaries of the areas occupied by broad-leaved trees were probably close to the study area. The spectra are dominated by *Pinus* (40-70%). *Betula* sect. *Albae* makes up 35 to 40%. *Picea* makes up 5% and *Alnus* 5-7%. Grasses are dominated by Poaceae and Cyperaceae pollen. Lycopodiaceae becomes less abundant. In the early Middle Holocene, the study area was dominated by north-taiga pine and birch-pine forests. In the mid-Middle Holocene, the lakes were separated. The lake located at an altitude of 28 m above sea level was the first to separate. The lake located at an altitude of 22 m was the next to separate. This process is reflected in diatom complexes (transition zone) displaying a decrease in the contribution of brackish water species to 60-40% and the increased contribution of the freshwater forms *Fragilaria* sensu lato (*Fragilariforma constricta*, *Pseudostaurosira brevistriata*, *Pseudostaurosira parasitica*, *Staurosira venter*) and the scarcity of *Discotella stelligera*, *Epithemia* sp., *Navicula radiosa*, *Tabellaria flocculosa*, *Ulnaria ulna*, etc.

In addition to halophyte pollen, the pollen spectra contain the pollen of plants from freshwater bodies (*Myriophyllum*, *Sparganium* and *Typha*, *Isoetes* spores and *Pediastrum* algae).

The pollen spectra for the late Middle Holocene display the increased contribution of *Picea* (~15%) and *Alnus* (~10%) pollen. Our reconstructions show that the study area was dominated by mid-taiga pine forests with mountain ash in the undergrowth. Pine-spruce forests were confined to the most favourable habitats in the lower portions of slopes and hills, Spruce communities with *Alnus glutinosa* grew in the most humid habitats in hollows and along rivers and creeks. The shores of isolated water bodies were overgrown with the pioneer species *Betula pubescens* and *Alnus incana*.

Gradually isolated water bodies were progressively desalinated, as indicated by diatom complexes consisting of scarce marine species and the complete dominance of the freshwater forms *Fragilaria* sensu lato, *Aulacoseira* sp., *Frustulia saxonica*, *Tabellaria* sp., *Brachysira zellensis*, *Pantocsekiella ocellata*, *Cymbella* sp., *Eunotia* sp., *Gomphonema acuminatum*, *Tetracyclus lacustris*, *Ulnaria ulna*, *Pinnularia* sp., etc. *Nuphar*, *Myriophyllum* and *Sparganium* pollen and *Isoetes* spores occurred in sediments

Late Holocene. Late Holocene climate showed a cooling trend. The scarcity of *Ulmus*, *Quercus* and *Tilia* pollen grains suggests that the boundary of thermophilic plants' distribution area shifted southwards. Sediments are dominated by *Pinus* (50-65%), *Betula* sect. *Albae* (15-20%) and *Picea* (15%) pollen, as indicated by the increasing abundance of club-moss spores in spectra. The contribution of Cyperaceae pollen and

Sphagnum and *Equisetum* spores increases. Forests gradually become thin, acquiring a north-taiga appearance. Spruce continued to contribute markedly to the plant cover, but pine forests were most abundant. About 1500 y.a., the lake, located at an altitude of 10 m above sea level, separated. Marine sediments contain halophyte pollen and marine diatomaceous algae. Overlying strata display the pollen and spores of aquatic and bog species (*Nuphar*, *Nymphaea*, *Sparganium*, *Potamogeton* and *Isoetes*), which indicate the desalination of the lake. The increased contribution of the pioneer species *Betula* sect. *Albae* and *Alnus incana* pollen was due to their invasion of the seawater-free area. The appearance of *Rumex chamaemorus*, *Drosera* and *Menyanthes trifoliata* pollen indicates the paludification of the area.

4. Conclusions

Holocene plant dynamics for the south shore of Kandalaksha Bay was reconstructed. Pine has remained the dominant forest-forming species in the study area since the Early Holocene due to vertically rugged topography, the distinctive features of the bedrock consisting of thin sandy and sandy loam moraine and an abundance of rock exposures. The time of isolation of small water bodies was determined.

Acknowledgements

The study was carried out under a state order to the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences (Project 123082400001-7), Institute of Geology, KRC, RAS.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Cohen K.M., Gibbard P.L. 2019. Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years, version 2019 QI-500. *Quaternary International* 500: 20–31
- Kolka V.V., Korsakova O.P., Lavrova N.B. et al. 2019. Lithology, Biostratigraphy, and Geochronology of the Late Pleistocene–Holocene Sediments on the Coast of Onega Bay of the White Sea. *Dokl. Earth Sc.* 485: 312–316. DOI: [10.1134/S1028334X19030115](https://doi.org/10.1134/S1028334X19030115)
- Shelekhova T.S., Lobanova N.V., Lavrova N.B. et al. 2021. Paleogeographic conditions of human habitation on the Karelian coast of the White Sea in the Late-Holocene (Chupa Town, Karelia, Russia). *The Holocene*. DOI: [10.1177/09596836211041733](https://doi.org/10.1177/09596836211041733)
- Shelekhova T.S., Lavrova N.B., Lobanova N. V. et al. 2024. Paleogeographical reconstructions of the environment on the Karelian shore of the White Sea (Keret Area, Russia). *The Holocene*. DOI: [10.1177/09596836231211871](https://doi.org/10.1177/09596836231211871)

Эволюция природной среды южного побережья Кандалакшского залива (по данным изучения донных отложений малых озер)

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGY

Шелехова Т.С.*, Лаврова Н.Б.

ФИЦ КарНЦ РАН Институт геологии Карельского научного центра РАН, ул. Пушкинская, 11. Петрозаводск, 185910, Карелия, Россия

АННОТАЦИЯ. На основании обобщения данных, полученных при изучении донных отложений комплексом методов (палинологический, радиоуглеродный (^{14}C), реконструированы изменения окружающей среды южного побережья Кандалакшского залива в голоцене. Приведены диатомовые комплексы морской, пресноводной и переходной фаций. Рассмотрены возможности применения пыльцевых индикаторов для диагностики генезиса отложений.

Ключевые слова: голоцен, донные отложения, спорово-пыльцевой анализ, диатомовый анализ, Белое море

Для цитирования: Шелехова Т.С., Лаврова Н.Б. Эволюция природной среды южного побережья Кандалакшского залива (по данным изучения донных отложений малых озер) // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 665-669. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-665

1. Введение

Исследование динамики экосистем прошлого приобретает все большую актуальность в связи с необходимостью моделирования сценариев условий природной среды. Изменению относительного уровня Белого моря в позднеледниковье и голоцене посвящены многочисленные исследования (Kolka et al., 2019; Shelekhova et al., 2021; 2024). Динамика развития окружающей среды в целом в прибрежной зоне южной части Кандалакшского залива изучена недостаточно. Наиболее полную «летопись» изменения природных обстановок прошлого содержат донные отложения в котловинах малых озер, ранее входивших состав крупных бассейнов. С целью выявления общих тенденций развития окружающей среды выполнено обобщение полученных диатомовых и палинологических данных по разрезам донных отложений малых озер, расположенных на южном берегу Кандалакшского залива.

2. Материалы и методы

Материалом для представленного исследования послужил керн малых озер, расположенные на гипсометрических отметках от 10 до 28 м над уровнем моря. Methods for processing and studying samples by diatom and palynological analysis are described in (Shelekhova et al., 2021). Проведено обобщение и

сопоставление полученных данных и палеогеографических материалов с близкорасположенных территорий. При сопоставлении данных с хронологическими подразделениями голоцена использована периодизация, принятая Международной комиссией по стратиграфии (Cohen and Gibbard, 2019).

3. Результаты и обсуждение

Ранний голоцен. Пыльцевые комплексы характеризуются высоким содержанием пыльцы *Pinus* (максимум 88%). Количество пыльцы *Betula sect. Albae* составляет не более 20-30%. Среди трав преобладает пыльца *Poaceae* и *Syringaceae* (доля каждого таксона колеблется в пределах 5-10%), вклад пыльцы *Artemisia* и *Chenopodiaceae* не превышает 1-2%. Среди споровых преобладают *Polypodiaceae* (менее 1%), на втором месте – *Lycopodiaceae*. Падение базиса эрозии вследствие продолжающегося гляциоизостатического подъема Балтийского щита вызвало снижение уровня грунтовых вод на территории исследования. Все это способствовало активному распространению сосны, которая занимала благоприятные для нее местообитания. На территории исследования были распространены монодоминантные сосновые и березово-сосновые разреженные леса. О редкостойности их свидетельствует присутствие плаунов (*Diphasiastrum alpinum*, *D. complanatum*, *L. pungens*), содержащихся

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: shelekh@krc.karelia.ru (Т.С. Шелехова)

Поступила: 11 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.



в отложениях этого времени. Осадконакопление происходило в морском бассейне, на что указывает комплекс диатомовых водорослей *Hyalodiscus* spp., *Grammatophora* spp., *Paralia sulcata*, *Trachyneis aspera*, *Rhabdonema* spp. *Amphora* spp., *Diploneis* spp. и др. *Dimerogramma* spp., *Lyrella* spp., *Melosira nummuloides*, *Talassionema nitzschioides*, *Mastogloia* spp. и др. Об этом же свидетельствует пыльца растений галофитов *Plantago maritima*, *Salicornia herbacea*, *Atriplex nudicaulis*, *Juncaginaceae* (*Triglochin maritima*). Определена пыльца *Asteraceae* (*Aster* type), по мнению авторов принадлежит *Tripolium vulgare*. Этот вид широко представлен в различных растительных сообществах на приливно-отливной зоне Белого моря.

Средний голоцен. Основной особенностью палиноспектров является появление в отложениях пыльцы *Ulmus*, *Tilia*, *Quercus*, *Corylus*. Обогащение спорово-пыльцевых спектров пыльцой, продуцируемой широколиственными деревьями, было возможно в условиях теплого и влажного климата. В связи с тем, что количество пыльцы представителей термофильной древесной растительности незначительно, можно предположить, что она была занесена ветром из более южных районов. Вероятно, северные границы ареалов широколиственных деревьев располагались достаточно близко от изучаемой территории. Доминирующее положение в спектрах занимает *Pinus* (40-70%). Доля *Betula* sect. *Albae* колеблется от 35 до 40 %. Вклад *Picea* увеличивается до 5%, *Alnus* – до 5-7%. В группе трав доминирует пыльца *Poaceae* и *Cyperaceae*. Количество *Lycoperdaceae* уменьшается. В начале среднего голоцена на территории исследования наиболее широко были распространены сосновые и березово-сосновые северотаежные леса. В середине среднего голоцена происходила изоляция озер, первым отделяется озеро, расположенное на отметке 28 м над уровнем моря, затем озеро на отметке 22 м. Этот процесс находит отражение в диатомовых комплексах (переходная зона), которые характеризуются снижением доли солоноватоводных видов до 60-40%, и возрастанием роли пресноводных форм *Fragilaria sensu lato* (*Fragilariforma constricta*, *Pseudostaurosira brevistriata*, *Pseudostaurosira parasitica*, *Staurosira venter*), единичным участием *Discotella stelligera*, *Epithemia* sp., *Navicula radiosa*, *Tabellaria flocculosa*, *Ulnaria ulna* и др. В палиноспектрах наряду с пыльцой галофитов появляется пыльца растений пресноводных водоемов (*Myriophyllum*, *Sparganium*, *Typha*, споры *Isoetes*, водоросли *Pediastrum*).

В палиноспектрах второй половины среднего голоцена возрастает участие пыльцы *Picea* (~15%), *Alnus* (~10%). Согласно выполненным реконструкциям, на изучаемой территории преобладали сосновые среднетаежные леса с рябиной в подлеске. Сосново-еловые леса были приурочены к наиболее благоприятным местообитаниям в нижних частях склонов и возвышенностей, в наиболее влажных местообитаниях в ложбинах, вдоль рек и ручьев встречались еловые сообщества с участием *Alnus glutinosa*. Берега изолированных водоемов

зарастали пионерными породами (*Betula pubescens* и *Alnus incana*).

Постепенно отделившиеся водоемы полностью опреснялись, о чем свидетельствуют диатомовые комплексы, представленные единичным участием морских видов и полным господством пресноводных форм *Fragilaria sensu lato*, *Aulacoseira* sp., *Frustulia saxonica*, *Tabellaria* sp., *Brachysira zellensis*, *Pantocsekiella ocellata*, *Cymbella* sp., *Eunotia* sp., *Gomphonema acuminatum*, *Tetracyclus lacustris*, *Ulnaria ulna*, *Pinnularia* sp. и др. В отложениях встречена пыльца *Nuphar*, *Myriophyllum*, *Sparganium*, споры *Isoetes*.

Поздний голоцен. Климат позднего голоцена характеризовался направленным похолоданием. Определены единичные пыльцевые зерна *Ulmus*, *Quercus*, *Tilia*, что может свидетельствовать о смещении границ ареала распространения термофильных пород к югу. В отложениях преобладает пыльца *Pinus* (50-65%), *Betula* sect. *Albae* (15-20%), *Picea* (15%). Об этом опосредованно свидетельствует увеличение количества спор плаунов в спектрах. Увеличивается вклад пыльцы *Cyperaceae*, спор *Sphagnum*, *Equisetum*. Леса постепенно становятся редкостойными, приобретая северотаежный облик. Ель еще играла значительную роль в растительном покрове, но преимущественное распространение получили сосновые леса. Около 1500 л. н. происходит отделение озера, расположенного на отметке 10 м. В морских отложениях присутствует пыльца растений галофитов и комплекс морских диатомовых водорослей. В вышележающих отложениях появляется пыльца и споры водных и болотных видов (*Nuphar*, *Nymphaea*, *Sparganium*, *Potamogeton*, *Isoetes*), свидетельствующих об опреснении водоема. Увеличивается вклад пыльцы *Betula* sect. *Albae* и *Alnus incana*, что было обусловлено расселением этих пионерных пород на территории, освобожденной от морской воды. Появлением пыльцы *Rumex chamaemorus*, *Drosera*, *Menyanthes trifoliata* свидетельствует о заболачивании территории.

4. Заключение

Для южного побережья Кандалакшского залива выполнена реконструкция динамика растительности в голоцене. На исследуемой территории начиная с раннего голоцена доминирующей лесобразующей породой оставалась сосна. Это было обусловлено высокой вертикальной расчлененностью рельефа, особенностью подстилающих пород, представленных маломощным слоем песчаной и супесчаной морены и большим количеством скальных выходов. Установлено время изоляции малых водоемов.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственной темы ИГ Кар НЦ РАН № FMEN-2023-0008 Института геологии КНЦ РАН.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Список литературы

Cohen K.M., Gibbard P.L. 2019. Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years, version 2019 QI-500. *Quaternary International*. 500: 20–31

Kolka V.V., Korsakova O.P., Lavrova N.B. et al. 2019. Lithology, Biostratigraphy, and Geochronology of the Late Pleistocene–Holocene Sediments on the Coast of Onega Bay of the White Sea. *Dokl. Earth Sc.* 485, 312–316 (2019). DOI: [10.1134/S1028334X19030115](https://doi.org/10.1134/S1028334X19030115)

Shelekhova T.S., Lobanova N.V., Lavrova N.B. et al. 2021. Paleogeographic conditions of human habitation on the Karelian coast of the White Sea in the Late-Holocene (Chupa Town, Karelia, Russia). *The Holocene*. DOI: [10.1177/09596836211041733](https://doi.org/10.1177/09596836211041733)

Shelekhova T.S., Lavrova N.B., Lobanova N.V. et al. 2024. Paleogeographical reconstructions of the environment on the Karelian shore of the White Sea (Keret Area, Russia). *The Holocene*. DOI: [10.1177/09596836231211871](https://doi.org/10.1177/09596836231211871)