

Early Holocene transgression in the central of Svalbard: research results and problems of reconstruction

Short communicationLIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGYSoloveva D.A.^{1*}, Okunev A.S.², Kupriyanova N.V.²¹ Arctic and Antarctic Research Institute, Beringa Str., 38, Saint-Petersburg, 199397, Russia² FSBI «VNIIOKEANGEOLGIA», Angliyskiy av., 1, Saint-Petersburg, 190121, Russia

ABSTRACT. The report presents the results of the study of Holocene marine sediments and terrace levels in the central part of West Spitsbergen Island. The results of the study showed that the postglacial transgression in the study area reached marks of 30-35 m and 40-45 m in the north and south of the study area, respectively. The early Holocene marine sediments were formed in shallow-water, predominantly ice-sea conditions with an unstable coastline. The sea level retreat was rapid and was accompanied by a general cooling.

Keywords: Svalbard, Quaternary deposits, Holocene, sea level changes

For citation: Soloveva D.A., Okunev A.S., Kupriyanova N.V. Early Holocene transgression in the central of Svalbard: research results and problems of reconstruction // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 684-689. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-684

1. Introduction

Deglaciation of the Svalbard was accompanied by a eustatic rise in sea level (Fairbanks, 1989). The rate of glacioisostatic uplift exceeded this rate, which led to a gradual decrease in level (Forman et al., 2004). The main source of data on the position of the coastline in the late Pleistocene - Holocene on the archipelago are marine terraces and the results of age determination of mollusk shells and bones remains of marine mammals (Feyling-Hanssen, 1955; Forman et al., 2004; etc.), collected in terrestrial sections of Quaternary deposits and on the surfaces of terraces (Forman, 1990; Bondevik et al., 1995). Over the past 60 years, postglacial sea level change curves have been constructed for most areas of Spitsbergen (Forman et al., 2004; Sharin et al., 2014, etc.).

When reconstructing sea level, the authors mainly operate with the thesis that sea level change depended primarily on the thickness of the ice sheet, the time and rate of deglaciation (Ingólfsson and Landvik, 2013; Fjeldskaar et al., 2018), without taking into account the trend of modern tectonic movements and the geological structure of the archipelago.

The question of sea level change for the central part of West Spitsbergen Island - the region of the central part of Nordenskiöld Land, composed of Paleogene rocks, remains open. The closest curve of early Holocene sea level change was constructed for the western coast of Nordenskiöld Land within the Ytterdalen Valley (Landvik et al., 1987), in the area of the outcrop of crystalline basement rocks. According to this curve, it is clear that the relative sea level during deglaciation was at 65 m, and a short period of stagnation at

50 m occurred about 10,000 years ago. However, the results of studying the bottom sediments of Lake Linné (Snyder and Werner, 2000) indicate that this body of water was isolated from the influx of sea waters about 9.6 thousand years ago at an altitude of less than 25 m above sea level.

Rarely does the attention of researchers turn to detailed reconstructions of changes in paleomarine conditions of the early Holocene and small-scale fluctuations in sea level that are not reflected in the relief. The research conducted by the staff of the Russian Arctic expedition on the Spitsbergen archipelago of the FSBI "AARI" and the Department of Geological Mapping of the FSBI "VNIIOkeangeologia" from 2018 to 2022 on Nordenskiöld Land and in the southwestern part of Oscar II Land (Fig. 1) was aimed at obtaining new paleogeographic data on the position of the relative sea level and detailing the ideas about the conditions of marine sedimentation in the early Holocene. This paper briefly presents the results of these studies.

2. Materials and methods

During the field work, walking routes were conducted with the study of marine terrace levels and the sediments that compose them.

The study of outcrops of Quaternary sediments (sections) included their preparation, description, sampling for various types of analysis. The description of the sections included the identification of homogeneous horizons, recording the color, composition, nature of the bedding of the constituent material, contact with the overlying and underlying horizons, elevation marks of the horizon boundaries and sampling sites,

*Corresponding author.

E-mail address: dasoloveva@aari.ru (D.A. Soloveva)

Received: June 05, 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.



recording the location of the objects studied. The complex of subsequent analytical studies included radiocarbon dating and microfaunistic analysis. In total, about 35 sections of marine sediments were described, more than 50 radiocarbon dates of mollusk shells were obtained, foraminiferal analysis was performed for 9 sections.

3. Results

The conducted research revealed that the studied marine sediments belong mainly to the early Holocene. The highest terrace levels where mollusk shells were collected in the sediments belong to the hypsometric levels of 30-35 m - in the southwestern part of Oscar II Land and 40-45 m in the north of Nordenskiöld Land. We did not find mollusk shells above these marks. Foraminifera complexes corresponding to the early Holocene sediments belong mainly to glacial-marine and shallow-water ones. The change in foraminiferal complexes in the sediments indicates unstable conditions in the paleo-bays (level and temperature). Additionally, the obtained radiocarbon dates of plant detritus at the contact with the underlying marine sediments indicate the establishment of continental conditions at the study points about 7500 cal. BP at altitudes of 15-20 m of the modern relative sea level.

4. Discussion

The data obtained during the study for the study area showed that the early Holocene marine sediments were formed in ice-marine and shallow marine conditions, with an unstable coastline. In the early Holocene, there were temporary decreases and increases in the level, which is not reflected in previous reconstructions. The most stable conditions in the paleo-bays were observed during the Holocene optimum (8000-9000 cal. yr BP). The subsequent retreat of the relative sea level was accompanied by a general cooling. The absence of direct data indicating the late Pleistocene - Holocene age of the marine terraces above 35 m and 45 m for the northern and southern parts of the study area, respectively, and shallow-water foraminiferal complexes in the deposits of the lower terrace levels (up to 20 m) indicate a more ancient age of the high terraces. Radiocarbon dating of continental sediments related to the early Holocene (Serebryanny et al., 1993, etc.) at low hypsometric elevations also confirms the conclusion made.

5. Conclusions

Thus, the issue of early Holocene transgression for the study area remains debatable. The sea level at that time probably reached lower elevations than previously thought and was unstable, which is not reflected in previous reconstructions. The studied marine sediments and foraminiferal complexes in them indicate shallow-water ice-sea and marine sedimentation conditions in the early Holocene and a rapid decrease in relative sea level during a general cooling. The obtained dating of continental sediments allows us to identify the moment of establishment of continental sedimentation conditions at elevations of 15-20 m relative sea level around 7500 cal. BP.

Acknowledgements

This study was supported by the Russian Scientific Center on Spitsbergen of Arctic and Antarctic Research Institute and FSBI "VNIIOKEANGEOLGIA".

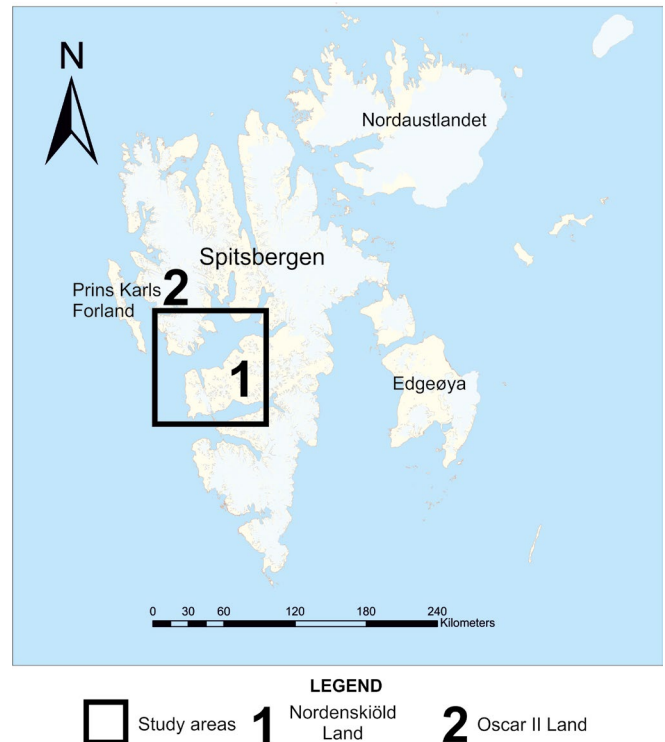


Fig.1. Study region

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Bondevik S., Mangerud J., Ronnert L. et al. 1995. Postglacial sea-level history of Edgeøya and Barentsøya, eastern Svalbard. *Polar Research* 14: 153–180.
- Fairbanks R.A. 1989. 17,000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. *Nature* 342: 637–642 DOI: [10.1038/342637a0](https://doi.org/10.1038/342637a0)
- Fjeldskaar W., Bondevik S., Amantov A. 2018. Glaciers on Svalbard survived the Holocene thermal optimum, *Quaternary Science Reviews*, Volume 199: 18-29.
- Feyling-Hanssen R.W. 1955. Late-Pleistocene of Billefjorden, West Spitsbergen. *Norsk Polarinst., Skriafter* 107: 186.
- Forman S.L. 1990. Post-glacial relative sea-level history of northwestern Spitsbergen, Svalbard. *Geological Society of America Bulletin*: 1580 – 1590.
- Forman S.L., Lubinski D.J., Ingólfsson O. et al. 2004. A review of postglacial emergence on Svalbard, Franz Josef Land and Novaya Zemlya, northern Eurasia. *Quaternary Science Reviews* 23: 1391 – 1434
- Ingólfsson Ó., Landvik J.Y. 2013. The Svalbard - Barents Sea ice-sheet - Historical, current and future perspectives. *Quaternary Science Reviews* 64: 33 – 60.
- Landvik J.Y., Mangerud J., Salvigsen O. 1987. The Late Weichselian and Holocene shoreline displacement on the west-central coast of Svalbard. *Polar Research* 5: 29 - 44.
- Serebryanny L.R., Tishkov A.A., Solomina O.N. et al. 1993. Paleoeecology of the Arcto-Atlantic during the Holocene. *Polar Geography and Geology* 17(2):110-125.

Snyder J.A., Werner A. Miller G.H. 2000. Holocene cirque glacier activity in western Spitsbergen, Svalbard: sediment records from proglacial Linnevatnet. *The Holocene* 10(5): 555 – 563.

Sharin V.V., Kokin O.V., Gusev E.A. et al. 2014. New geochronological data from Quaternary deposits in the north-western part of Nordenskiöld (Spitsbergen archipelago). *Bulletin of St. Petersburg University* 7: 159–168.

Раннеголоценовая трансгрессия в центральной части архипелага Шпицберген: результаты исследований и проблемы реконструкций

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGYСоловьева Д.А.^{1*}, Окунев А.С.², Куприянова Н.В.²¹ ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт», ул. Беринга, 38, Санкт-Петербург, 199397, Россия² ФГБУ «ВНИИОкеангеологии», Английская наб., 1, Санкт-Петербург, 190121, Россия

АННОТАЦИЯ. В докладе представлены результаты изучения морских голоценовых отложений и террасовых уровней центральной части о. Западный Шпицберген. Результаты исследования показали, что послеледниковая трансгрессия в районе исследования достигала отметок 30-35 м и 40-45 м на севере и юге района исследования соответственно. Морские отложения раннего голоцена формировались в мелководных преимущественно ледово-морских условиях при нестабильном положении береговой линии. Отступление уровня моря было стремительным и сопровождалось общим похолоданием.

Ключевые слова: Шпицберген, четвертичные отложения, голоцен, изменения уровня моря

Для цитирования: Соловьева Д.А., Окунев А.С., Куприянова Н.В. Раннеголоценовая трансгрессия в центральной части архипелага Шпицберген: результаты исследований и проблемы реконструкций // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 684-689. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-684

1. Введение

Дегляциация архипелага Шпицберген сопровождалась эвстатическим подъемом уровня моря (Fairbanks, 1989). Скорость гляциоизостатического поднятия превысила этот показатель, что привело к постепенному снижению уровня (Forman et al., 2004). Основным источником данных о положении береговой линии в позднем неоплейстоцене – голоцене на архипелаге являются морские террасы и результаты определения возраста раковин моллюсков и костных остатков морских млекопитающих (Feyling-Hanssen, 1955; Forman et al., 2004 и др.), отображенных в наземных разрезах четвертичных отложений и на поверхностях террас (Forman, 1990; Bondevik et al., 1995). За последние 60 лет кривые послеледникового изменения уровня моря были построены для большинства районов Шпицбергена (Forman et al., 2004; Шарин и др., 2014 и др.).

При реконструкциях уровня моря авторы преимущественно оперируют тезисом, что изменение уровня моря зависело, прежде всего от толщины ледникового покрова, времени и скорости дегляциации (Ingólfsson and Landvik, 2013; Fjeldskaar et al., 2018), не принимая во внимание тренд современных тектонических движений и геологическое строение архипелага.

Вопрос изменения уровня моря для центральной части острова Западный Шпицберген – района центральной части Земли Норденшельда, сложенной палеогено-

выми породами, остается открытым. Ближайшая кривая изменения уровня моря раннего голоцена построена для западного побережья Земли Норденшельда в пределах долины Иттердален (Landvik et al., 1987), в области выхода пород кристаллического фундамента. В соответствии с этой кривой видно, что относительный уровень моря в ходе дегляциации находился на отметке 65 м, а короткий период стагнации на уровне 50 м происходил около 10 000 л.н.. Однако результаты изучения донных осадков озера Линне (Snyder and Werner, 2000) свидетельствуют об изоляции этого водоема от поступления морских вод около 9,6 тыс. л.н. на высоте менее 25 м. над уровнем моря.

Редко внимание исследователей обращено к детальным реконструкциям изменения палеоморских условий раннего голоцена и мелкокомасштабным колебаниям уровня моря, не нашедшим отражения в рельефе.

Исследования, проведенные сотрудниками российской арктической экспедиции на архипелаге Шпицберген ФГБУ «ААНИИ» и отдела геологического картирования ВНИИОкеангеологии с 2018 по 2022 годы на Земле Норденшельда и в юго-западной части Земли Оскара II (Рис.1), были направлены на получение новых палеогеографических данных о положении относительного уровня моря детализации представлений об условиях морского осадконакопления в раннем голоцене. В данной работе кратко представлены результаты этих исследований.

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: dasoloveva@aari.ru (Д.А. Соловьева)

Поступила: 05 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.



2. Материалы и методы

В ходе полевых работ проводились пешие маршруты с изучением морских террасовых уровней и слагающих их отложений.

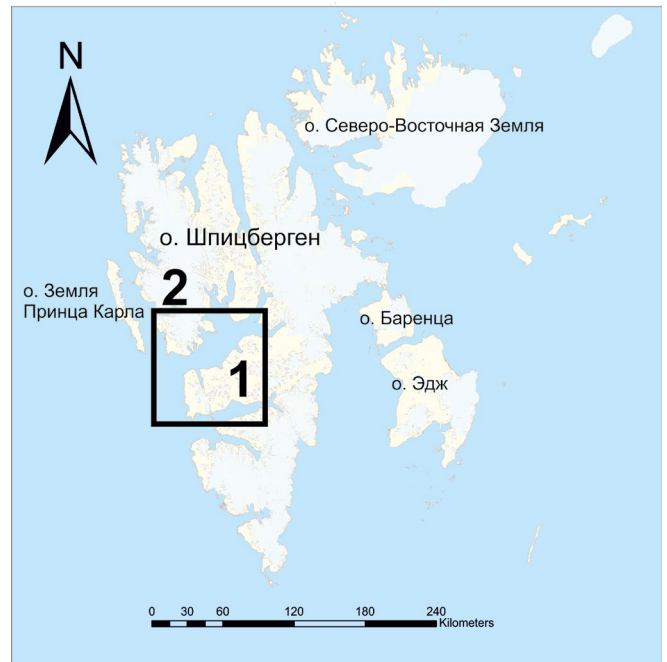
Изучение естественных обнажений четвертичных отложений (разрезов) включало в себя их подготовку, описание; отбор образцов на различные виды анализов. Описание разрезов включало в себя выделение однородных горизонтов, фиксирование цвета, состава, характера залегания слагающего материала, контакт с перекрывающими и подстилающими горизонтами, высотные отметки границ горизонтов и места отбора образцов, фиксацию местоположения изученных объектов. Комплекс последующих аналитических исследований включал в себя радиоуглеродное датирование и микрофаунистический анализ. Всего было описано порядка 35 разрезов морских отложений, получено более 50 радиоуглеродных датировок раковин моллюсков, для 9 разрезов был выполнен фораминиферовый анализ.

3. Результаты

В результате проведенных исследований было выявлено, что изученные морские отложения относятся преимущественно к раннему голоцену. Самые высокие террасовые уровни, где были отобраны раковины моллюсков в отложениях относятся к гипсометрическим уровням 30-35 м. - в юго-западной части Земли Оскара II и 40-45 м. на севере Земли Норденшельда. Выше этих отметок нами не была обнаружена малакофауна. Фораминиферовые комплексы, соответствующие отложениям раннего голоцена относятся преимущественно к ледниково-морским и мелководным. Смена комплексов фораминифер в отложениях указывает на нестабильные условия в палеозаливах (уровня и температуры). Дополнительно полученные радиоуглеродные датировки растительного детрита на контакте с нижележащими морскими осадками указывают а установление континентальных условий в точках исследования около 7500 кал.л.н. на высотах 15-20 м современного относительного уровня моря.

4. Обсуждение

Полученные в ходе исследования данные для разных частей района исследования, показали, что морские раннеголоценовые осадки формировались в ледово-морских и морских мелководных условиях, с нестабильным положением береговой линии. В раннем голоцене происходили временные снижения и повышения уровня, что не отражается в предшествующих реконструкциях. Наиболее стабильные условия в палеозаливах наблюдались в оптимуме голоцена. (8000-9000 кал.л.н.). Последующее отступление относительного уровня моря сопровождалось общим похолоданием. Отсутствие прямых данных, указывающих на позднеолейстоценовый - голоценовый возраст морских террас выше 35 м. и 45 м. для северной и южной части района исследования соответственно и мелководные фораминиферовые комплексы в отложениях нижних террасовых уровней (до 20 м) указывают на более древний возраст высоких террас. Радиоуглеродные датировки континентальных отложений, относящиеся к раннему голоцену (Serebryannyy et al., 1993 и др.) на низких гипсометрических отметках также подтверждают сделанный вывод.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ



Рис.1. Район исследования

5. Выводы

Таким образом, вопрос раннеголоценовой трансгрессии для района исследования остается дискуссионным. Уровень моря в это время, вероятно, достигал меньших отметок, чем это считалось ранее, и был нестабилен, что не отображается в предшествующих реконструкциях. Изученные морские отложения и фораминиферовые комплексы в них говорят о мелководных ледово-морских и морских условиях осадконакопления в раннем голоцене и быстром снижении относительного уровня моря при общем похолодании. Полученные датировки континентальных осадков позволяют выявить момент установления континентальных условий осадконакопления на отметках 15-20 м относительного уровня моря около 7500 кал.л.н.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

- Bondevik S., Mangerud J., Ronnert L. et al. 1995. Postglacial sea-level history of Edgeøya and Barentsøya, eastern Svalbard. *Polar Research* 14: 153-180.
- Fairbanks R.A. 1989. 17,000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. *Nature* 342: 637-642 DOI: [10.1038/342637a0](https://doi.org/10.1038/342637a0)
- Fjeldskaar W., Bondevik S., Amantov A. 2018. Glaciers on Svalbard survived the Holocene thermal optimum, *Quaternary Science Reviews*, Volume 199: 18-29,
- Feyling-Hanssen R.W. 1955. Late-Pleistocene of Billefjorden, West Spitsbergen. *Norsk Polarinst., Skriafter* 107: 186.

Forman S.L. 1990. Post-glacial relative sea-level history of northwestern Spitsbergen, Svalbard. *Geological Society of America Bulletin*: 1580 – 1590.

Forman S.L., Lubinski D.J., Ingolfsson O. et al. 2004. A review of postglacial emergence on Svalbard, Franz Josef Land and Novaya Zemlya, northern Eurasia. *Quaternary Science Reviews* 23: 1391 – 1434

Ingólfsson Ó., Landvik J.Y. 2013. The Svalbard - Barents Sea ice-sheet - Historical, current and future perspectives. *Quaternary Science Reviews* 64: 33 – 60.

Landvik J.Y., Mangerud J., Salvigsen O. 1987. The Late Weichselian and Holocene shoreline displacement on the west-central coast of Svalbard. *Polar Research* 5: 29 - 44.

Serebryanny L.R., Tishkov A.A., Solomina O.N. et al. 1993. Paleoecology of the Arcto-Atlantic during the Holocene. *Polar Geography and Geology* 17(2): 110-125.

Snyder J.A., Werner A. Miller G.H. 2000. Holocene cirque glacier activity in western Spitsbergen, Svalbard: sediment records from proglacial Linnevatnet. *The Holocene* 10(5): 555 – 563.

Шарин В.В., Кокин О.В., Гусев Е.А. и др. 2014. Новые геохронологические данные четвертичных отложений северо-западной части земли Норденшельда (архипелаг Шпицберген). *Вестник Санкт-Петербургского университета* 7: 159–168.