doi: 10.24412/2687-1092-2025-12-128-134

КОМПЛЕКСЫ МОРСКИХ ТЕРРАС И ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ И МОРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НЕОПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕНОВОГО ВОЗРАСТА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН (ПОЛУОСТРОВОВ МИТРЫ, БРЁГГЕРА) И ОБЛАСТЕЙ ВНУТРЕННИХ ФИОРДОВ (КРОСС-ФИОРД, КОНГС-ФИОРД)

✉ *Окунев А.С.*[1], *Бердинских Д.В.*[2,3], *Гусев Е.А.*[1], *Соловьева Д.А.*[3]

[1] ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия,;
[2] СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия
[3] ФГБУ «ААНИИ», Санкт-Петербург, Россия
✉ *geoalex26@gmail.com*

Представлены результаты полевых исследований рельефа и четвертичных отложений 2025 г. на западном побережье полуострова Митра, в северной и северно-западной части полуострова Брёггер, а также в районах Конгс-фиорда и Кросс-фиорда. Морские осадки возрастом, предположительно, около 125 тыс.л.н. были изучены и опробованы на северо-западе полуострова Брёггер в одном из ключевых разрезов для архипелага Шпицберген. Результаты ОСЛ датирования этих проб позволят уточнить время формирования отложений. Морские образования возрастом от 60 до 290 тыс. л.н. были изучены на террасах высоких уровней (45-80 м) полуострова Брёггер. В центральной части равнины Конгсфиордхаллет рассмотрены боковые морены ледника, который занимал Конгс-фиорд во время последнего ледникового максимума. Изучение террасовых уровней и морских осадков, предположительно, поздненеоплейстоценового – раннеголоценового возраста, позволило выявить, что верхний уровень послеледниковой трансгрессии в пределах района изменяется от 21 до 44 м, что частично связано с блоковой тектоникой и разной скоростью гляциоизостатической компенсации при дегляции архипелага. На равнине Дисетлетта (западное побережье полуострова Митра) найдено крупное обнажение песков с раковинами моллюсков, мощностью до 8 м. В районах полуостровов Митра и Брёггер изучены континентальные отложения, представленные озерными осадками и торфами, вероятно, средне- и поздне-голоценового возраста. Материалы, полученные по морским отложениям и террасовым комплексам, позволят детализировать палеогеографические реконструкции для неоплейстоцена и раннего голоцена, а континентальные образования дадут важную палеогеографическую информацию по среднему и позднему голоцену в изученном районе.

Ключевые слова: *архипелаг Шпицберген, четвертичные отложения, неоплейстоцен, голоцен, изменения уровня моря, комплексы морских террас*

В полевом сезоне 2025 года специалистами ФГБУ «ВНИИОкеангеология» были продолжены работы по изучению рельефа и четвертичных отложений архипелага Шпицберген. Работы проводились совместно с сотрудниками ФГБУ «ААНИИ» в рамках проекта по геологическому доизучению площадей Конгс-фиорда и Кросс-фиорда: Research in Svalbard Project 11897 “Geological mapping of Kongsfjorden and Krossfjorden areas (sheets A6, A7, A8) in a scale 1: 100 000 (Oskar II Land, Albert I Land) (Geological mapping of Kongsfjorden and Krossfjorden areas)” и охватывали полуостров Митра (равнина Дисетлетта), полуостров Брёггер (равнины Квадехукслетта и Киерстранда), а также равнины Кроссфиордфлюа и Конгсфиордхаллет (рис. 1).

В ходе маршрутов фиксировались отдельные формы и элементы рельефа, их морфология и предположительный генезис, проводилось литологическое описание слагающего и перекрывающего материала. Особое внимание уделялось изучению морских террасовых уровней, которые представлены комплексами аккумулятивно-абразионных, абразионных, реже абразионно-аккумулятивных террас.

Изучение морских и континентальных четвертичных отложений осуществлялось в естественных обнажениях и включало в себя подготовку (заложение расчисток), последовательное описание, с определением гранулометрического состава, цвета,

характера залегания слагающего материала, контактов с перекрывающими и подстилающими пачками, высотные отметки границ выделенных горизонтов; и отбор образцов на различные виды анализов: определение абсолютного возраста - радиоуглеродное, уран-ториевое и оптически стимулируемое люминесцентное (ОСЛ) датирование, диатомовый, микрофаунистический (в том числе фораминиферовый), спорово-пыльцевой, малакофаунистический анализы и др.).

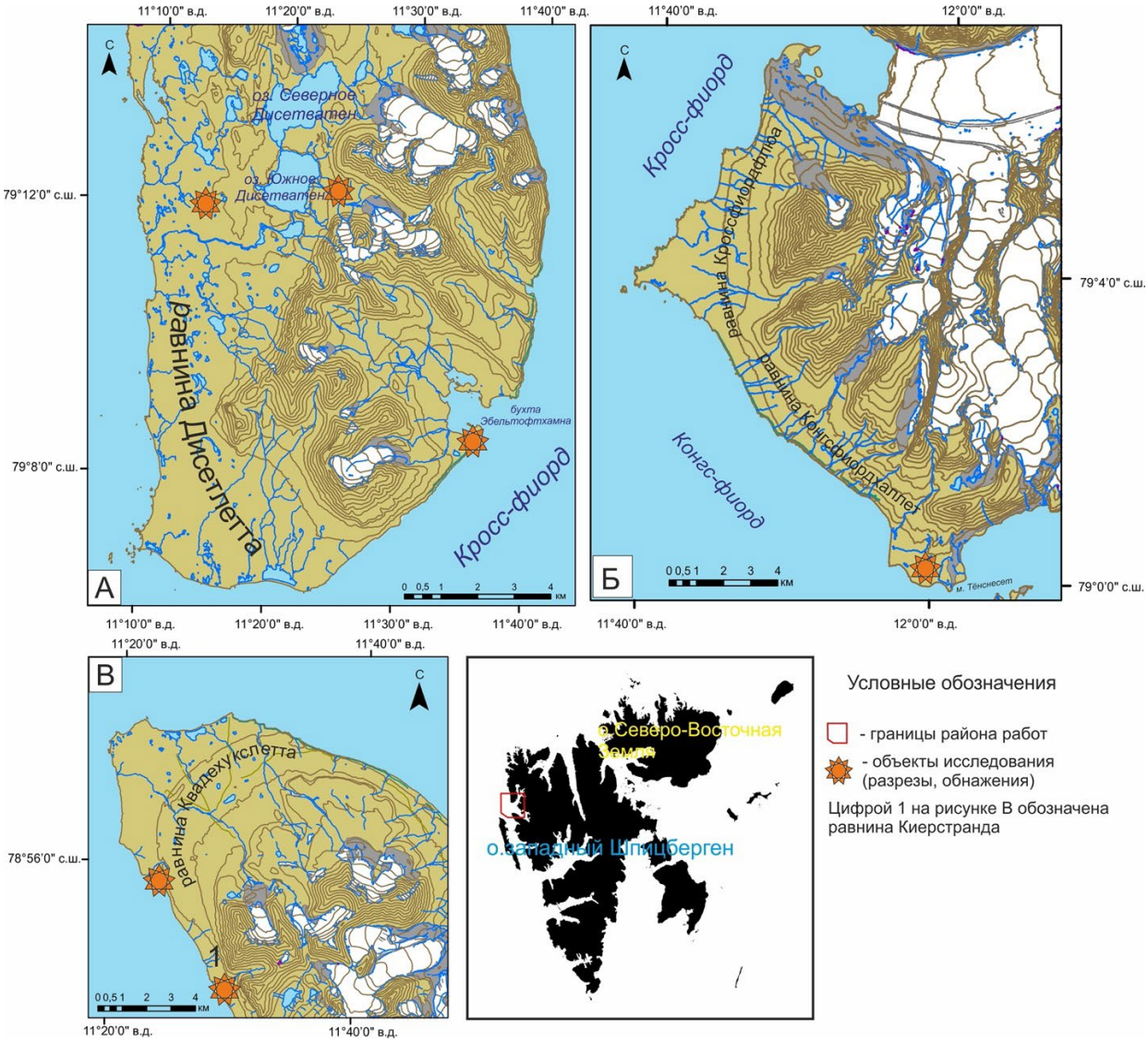

Рис 1. Районы исследований в 2025 г. на арх. Шпицберген: А - полуостров Митра, Б - равнины Кроссфиордфлюа и Конгсфиордхаллет, В - полуостров Брёггер

Район полуострова Митры на западе представляет собой широкую и протяженную абразионную равнину. В рельефе хорошо выражен только аккумулятивно-абразионный морской террасовый уровень - 20-21 метров над уровнем моря (м над у.м.), сложенный преимущественно грубым гравийно-галечным материалом, мощностью до 1 м, с редкими включениями обломков раковин моллюсков. Согласно опубликованным данным [*Forman, 1990*] он сопоставим с верхним уровнем поздненеоплейстоценовой – раннеголоценовой трансгрессии.

Морские отложения на более низких гипсометрических уровнях здесь встречаются фрагментарно и представлены в основном грубыми гравийниками и галечниками. На севере равнины Дисетлетта, в 1 км от побережья, обнажаются пески разной крупности с линзами алевритов и включениями детрита раковин моллюсков, слагающие основание террасового уровня 12 м над у. м.. В районе восточного побережья озера Южное

Дисетватнет, расположен крупный останец, сложенный песками параллельной, переходящей в волнистую и косую слоистости. Пески, видимой мощностью до 8 м, содержат прослои и клинья алевритов и включения раковин моллюсков *Hiatella arctica* (Linnaeus), *Mya truncata* (Linnaeus), Astarte sp. Верхняя часть этого обнажения перекрыта плащом современных водно-ледниковых отложений, представленных гравийно-галечными разностями. В береговых обрывах высотой 20-25 метров на восточном побережье полуострова Митра, южнее бухты Эбельтофтхамна, обнажаются морские отложения, сложенные в верхней части косыми сериями гальки и гравия с включением валунов восточного падения, которые в нижней части постепенно сменяются хорошо сортированными песками с мелкими обломками раковин моллюсков *Hiatella arctica* (Linnaeus), *Mya truncata* (Linnaeus). Мощность четвертичных отложений здесь достигает 12-13м.

Из описанных в ходе работы континентальных отложений для реконструкции средне- и позднеголоценовых изменений природной среды наиболее перспективным здесь является обнажение озерных осадков, обнаруженное на западе полуострова Митра. Отложения спущенного ныне палеоводоема представлены глинами и мелкозернистыми песками, мощность до 1,5м.

В северной части полуострова Брёггер, приморской равнине Квадехукслетта, выделен комплекс морских террас уровней: 18–20 м, 23–25 м, 30–32 м, 37–38 м, 45–46 м, 52–55 м, 62–65 м, 75–77 м, 78-80 м. По результатам аминокислотного датирования раковин моллюсков с различных высот [*Forman et al., 1984*] ранее было выявлено, что отложения на высотных отметках 45-55 м и 55-80 м над у. м. накапливались в пределах возрастных интервалов 60-160 тысяч лет назад (тыс.л.н.) и 130-290 тыс.л.н. соответственно и затем, после деградации оледенения последнего ледникового максимума, были подняты на современные высоты. Морфологические элементы морских террас высоких уровней в наши дни сильно преобразованы эрозионными и солифлюкционными процессами. Террасовые уровни высотой до 45 м над у.м. формировались в раннем голоцене. Они представлены аккумулятивно-абразионными террасами, сложенными гравийниками, галечниками и грубозернистыми песками с включениями обломков раковин моллюсков, перекрывающими коренные породы. Мощность четвертичных отложений здесь до 2 м.

В северо-западной части полуострова, вдоль восточного побережья пролива Форлансунд, протянулось крупное обнажение четвертичных отложений. В 30-метровых обрывах здесь последовательно вскрываются косые серии гравийников и галечников с песчаными прослоями, включающими обломки раковин моллюсков. В средней части обнажения материал становится более грубым: при переходе к горизонтально слоистым толщам появляются валуны, глыбы и крупные гальки. Ближе к основанию обнажения залегают пачки песков, с единичными включениями валунов и гальки, которые переслаиваются с гравийно-галечными толщами. Характерной особенностью разреза является выклинивание по простиранию мощного (до 1,5-2м) горизонта коричневатых алевритов, содержащих целые раковины *Hiatella arctica* (Linnaeus). В прошлом это обнажение уже изучалось как советскими [Troitsky et al, 1979], так и зарубежными исследователями [*Miller et al, 1989*]. По результатам этих работ было выяснено, что средняя часть разреза сформировалась около 70 тыс. л.н., а толща алевритов имеет возраст, сопоставимый с Эемским межледниковьем.

Подробное описание морских отложений в юго-западной части полуострова Брёггер, включающее в себя их микрофаунистическую характеристику, впервые было приведено в работах советских геологов (*Семевский Д.В., Шкатов Е.П. 1965 г.: Четвертичные отложения и геоморфология отдельных районов архипелага Шпицберген, фонды ВНИИОкеангеология*) в 1965 г.

В западной части полуострова на высотах от 35 до 27-25 над у. м. были обнаружены и изучены биогенные отложения, представленные плохоразложившимися гипновыми

торфяниками, мощностью от 0.4 до 1м. По своему строению, степени разложения и мощности они очень близки к таким же образованиям, развитым на восточном побережье полуострова. Там, время накопления торфов датируется концом среднего голоцена [*Knaap, 1988*].

Равнины Конгсфиордхаллет и Кроссфиордфлюа сравнительно узкой полосой протягиваются вдоль побережий внутренних фиордов. Их поверхность осложнена комплексом морских террас следующих уровней: 3–5 м, 8–10 м, 12–14 м, 15–16 м, 20–22 м, 24–26 м, 27–29 м, 30–32 м, 34–36 м и 40–42м над у.м.. Террасы 34–36 м на севере и северо-западе и 40–42м над у.м. на юго-востоке района, вероятно, отражают максимум поздненеоплейстоценовой – раннеголоценовой трансгрессии и различие в скорости гляциоизостатической компенсации по мере дегляциации фьордов и побережий архипелага.

Выше комплекса морских террас развит грядово-холмистый рельеф, представляющий собой чередование субгоризонтальных площадок разделенных сравнительно ровными, западинными участками. На поверхности встречаются крупные валуны, наблюдаются каналы стока. Четвертичные отложения здесь представлены грубым, плохоокатанным материалом. Вероятно, данные формы являются боковой мореной ледника, занимающего Конгс-фиорд в позднем неоплейстоцене [Henriksen et al., 2013]. По мере дегляции морена была сильно переработана водно-ледниковыми потоками, что отразилось на характере форм и особенностях слагающего материала.

Морские террасы низких уровней (3–5 м) средне-голоценового возраста встречаются только на юго-востоке равнины Конгсфиордхаллет, вблизи мыса Тёнснесет. Здесь они сложены в основном гравием и галькой с включением раковин *Mytilus edulis* (Linnaeus) и *Balanus Balanus* (Linnaeus) *in situ.*

В пределах равнин изменяется мощность и разнообразие четвертичных отложений. Маломощные, монотонные, косые, гравийно-галечные серии северо-запада меняются на 20-метровые, разнофациальные отложения юго-восточной, центральной части. Именно в этой области равнины расположен ключевой разрез, изученный зарубежными исследователями [*Alexanderson et al., 2018, Houmark-Nielsen et al., 1999*]. Он сложен отложениями ледникового, морского и аллювиального генезиса. По причине хорошей изученности данного обнажения его подробное описание во время полевых работ не проводилось.

Из наиболее перспективных обнажений, сложенных морскими осадками, были отобраны образцы на микропалеонтологический, малакофаунистический анализы, радиоуглеродное, уран-ториевое и ОСЛ- датирование для уточнения палеоэкологических условий и времени их формирования.

Озерные и болотные отложения были отобраны для проведения радиоуглеродного, спорово-пыльцевого и диатомового анализа, а также измерения изменений содержания общего органического углерода (TOC).

Таким образом, район исследования отличается сложным строением покрова четвертичных отложений. На равнине Конгсфиорддхаллет расположен один из ключевых разрезов для о. Западного Шпицбергена, в основании которого вскрываются отложения возрастом около 195 тысяч лет [*Alexanderson et al., 2018*].

На северо-западной части полуострова Брёггера залегают морские и ледниково-морские отложения возрастом от ~125 тыс. л. н (сопоставимым с Эемским межледниковьем) до ~70 тыс. л. н. Из нижней части разреза здесь впервые были отобраны образцы на ОСЛ–датирование, что в дальнейшем поможет скорректировать возраст формирования данных толщ.

Фрагменты маломощных морских осадков в пределах возрастных интервалов 60-160 тыс. л.н. и 130-290 тыс. л. н. ранее были описаны на высотных отметках 45-55 м и 55-80 м над у. м.. Результаты AMS-датирования отобранных в ходе работ раковин моллюсков,

подкрепленные данными фораминиферового анализа образцов с этих высотных уровней, позволят сузить возрастные рамки образования этих отложений.

Сильно перемытая талыми ледниковыми водами боковая морена последнего ледникового максимума была описана на равнине Конгсфиордхаллет выше предполагаемого верхнего морского уровня поздненеоплейстоценовой – раннеголоценовой трангрессии.

Послеледниковый «морской» этап осадконакопления в районе работ отражен в комплексах разноуровневых морских террас и отложениях, их слагающих. При этом, данные о поздненеоплейстоценовой – раннеголоценовой трансгрессии дискретны и часто не полностью отражают этот этап геологической истории. Результаты микрофаунистического анализа проб морских отложений позволят определить характер и динамику этой трансгрессии и выявить палеоэкологические условия, сопутствующие осадконакоплению. По особенностям распределения бентосных фораминиферовых сообществ будет установлен относительный возраст изученных осадков.

Переход от морских к континентальным условиям осадконакопления во многом контролировался положением уровня моря в районе. Его изменения частично могут определяться блоковой тектоникой [*Семевский, 1967*] и разной скоростью гляциоизостатической компенсации по мере общей дегляции территории в поздне-неоплейстоцен-раннеголоценовое время.

«Континентальный» этап осадконакопления среднего – позднего голоцена нашел свое отражение в болотных и озерных осадках. Изучение изменений состава диатомовых водорослей из отложений палеоводоема на полуострове Митра (равнина Дисетлетта), поможет понять особенности осадконакопления, реконструировать гидрологический режим и обозначить основные палеогеографические маркеры в его развитии. А спорово-пыльцевые спектры из торфяников полуострова Брёггера позволят реконструировать изменения в растительном покрове данного района в среднем - позднем голоцене.

ЛИТЕРАТУРА

Семевский Д.В. Неотектоника архипелага Шпицберген. Материалы по стратиграфии Шпицбергена, изд. НИИГА, 1967. С. 225-238

Alexanderson H., Henriksen M., Ryen H.T. et al. 200 ka of glacial events in NW Svalbard: an emergence cycle facies model and regional correlations // Arktos. 2018. Vol. 4, 1–25. doi:10.1007/s41063-018-0037-z

Forman S.L., Mann D.H., Miller G.H. Late Weichselian and Holocene Relative Sea-level History of Brøggerhalvøya, Spitsbergen // Quaternary Research. 1987. Vol. 27. P. 41-50. doi: 10.1016/0033-5894(87)90048-2

Forman S.L., Miller G.H. Time-dependent soil morphologies and pedogenic processes on raised beaches, Brøggerhalvøya, Spitsbergen, Svalbard archipelago // Arctic and Alpine Research. 1984. Vol. 16. Is. 4. P. 381-394. doi: 10.1080/00040851.1984.12004429

Forman S.L. Post-glacial relative sea-level history of northwestern Spitsbergen, Svalbard // Geological Society of America Bulletin. 1990. Vol. 102. Is. 11. P. 1580-1590. doi:10.1130/0016-7606(1990)102<1580:PGRSLH>2.3.CO;2

Henriksen M., Alexanderson H., Landvik J.Y., Linge H., Peterson G. Dynamics and retreat of the Late Weichselian Kongsfjorden ice stream, NW Svalbard // Quaternary Science Reviews. 2014. Vol. 92. P. 235-245. doi:10.1016/j.quascirev.2013.10.035

Houmark-Nielsen M, Funder S. Pleistocene stratigraphy of Kongsfjordhallet, Spitsbergen, Svalbard // Polar Research. 1999. Vol. 18. Is. 1. P. 39–49. doi: 10.3402/polar.v18i1.6557

Knaap W.O. A pollen diagram from Brøggerhalvøya, Spitsbergen: changes in vegetation and environment from ca. 4400 to CA. 800 BP // Arctic and Alpine Research. 1988. Vol. 20. No. 1. P. 106-116. doi: 10.1080/00040851.1988.12002656

Miller G.H., Sejrup H.P., Lehman S.J., Forman S.L. Glacial history and marine environmental change during the last interglacial-glacial cycle, western Spitsbergen, Svalbard // Boreas. 1989. Vol. 18. Is. 3. P. 273–296. doi: 10.1111/j.1502-3885.1989.tb00403.x

Troitsky L., Punning J., Hütt G., Rajamäe R. Pleistocene glaciation chronology of Spitsbergen // Boreas. 1979. Vol. 8. Is. 4. P. 401-407. doi: 10.1111/j.1502-3885.1979.tb00435.x

RAISED MARINE TERRACES AND FEATURES OF CONTINENTAL AND MARINE DEPOSITS OF THE NEOPLEISTOCENE-HOLOCENE AGE ON THE NORTH-WEST COAST OF THE SPITSBERGEN ARCHIPELAGO (MITRAHALVØYA, BRØGGERHALVØYA) AND INLAND FJORD AREAS (KONGSFJORDEN, KROSSFJORDEN)

Okunev A.S. [1], Berdinskykh D.V. [2,3], Gusev E.A. [1], Soloveva D.A. [3]

[1]VNIIOkeangeologia, St. Petersburg, Russia
[2]St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia
[3] Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia

The results of fieldwork research on relief and Quaternary sediments in the western coast of Mitrahalvøya, the north and north-west parts of Brøggerhalvøya and Kongsfjorden and Krossfjorden areas in 2025 are presented. Marine deposits estimated about 125 000 years were studied and tested in the north-west part of the Brøggerhalvøya, in one of the “key” site on Svalbard. Result OSL-dating will allow us to correct the time of formation of these deposits. Marine deposits 60-290 thousand years old have been studied on high-level terraces (45-80 meters) on Brøggerhalvoya. In the central part of the Kongsfjordhallet, lateral moraines from the glacier that covered Kongsfjorden during the Last Glacial Maximum were studied. Research into the raised marine terraces and their marine sediments, probably from Late Pleistocene - Early Holocene times, revealed that the upper limit of post-glacial transgression in the area varied between 21 and 44 meters, partly due to tectonic block movements and differing rates of glacio-isostatic compensation during deglaciation of the archipelago. A large section of sand with mollusc shells was found at Diesetsletta (western coast of Mitrahalvøya), with a thickness of about 8 meters. Continental deposits were studied on Mitrahalvøya and Brøggerhalvøya. They are represented by lake sediments and peat from the Middle and Late Holocene periods. Materials from marine deposits and raised marine terraces will allow for a detailed paleogeographic reconstruction of the Neopleistocene and Early Holocene, while continental deposits (lake sediments and peat) will provide important information about the Middle and Late Holocene in the studied area.

Keywords: *Svalbard, Quaternary sediments, Neopleistocene, Holocene, sea level changes, raised marine terraces*

REFERENCES:

Semevsky D.V. Neotectonic of Spitsbergen archipelago. Materials on stratigraphy of Spitsbergen, NIIGA, 1967. P. 225-238

Alexanderson H., Henriksen M., Ryen H.T. et al. 200 ka of glacial events in NW Svalbard: an emergence cycle facies model and regional correlations // Arktos. 2018. Vol. 4, 1–25. doi:10.1007/s41063-018-0037-z

Forman S.L., Mann D.H., Miller G.H. Late Weichselian and Holocene Relative Sea-level History of Brøggerhalvøya, Spitsbergen // Quaternary Research. 1987. Vol. 27. P. 41-50. doi: 10.1016/0033-5894(87)90048-2

Forman S.L., Miller G.H. Time-dependent soil morphologies and pedogenic processes on raised beaches, Brøggerhalvøya, Spitsbergen, Svalbard archipelago // Arctic and Alpine Research. 1984. Vol. 16. Is. 4. P. 381-394. doi: 10.1080/00040851.1984.12004429

Forman S.L. Post-glacial relative sea-level history of northwestern Spitsbergen, Svalbard // Geological Society of America Bulletin. 1990. Vol. 102. Is. 11. P. 1580-1590. doi:10.1130/0016-7606(1990)102<1580:PGRSLH>2.3.CO;2

Henriksen M., Alexanderson H., Landvik J.Y., Linge H., Peterson G. Dynamics and retreat of the Late Weichselian Kongsfjorden ice stream, NW Svalbard // Quaternary Science Reviews. 2014. Vol. 92. P. 235-245. doi:10.1016/j.quascirev.2013.10.035

Houmark-Nielsen M, Funder S. Pleistocene stratigraphy of Kongsfjordhallet, Spitsbergen, Svalbard // Polar Research. 1999. Vol. 18. Is. 1. P. 39–49. doi: 10.3402/polar.v18i1.6557

Knaap W.O. A pollen diagram from Brøggerhalvøya, Spitsbergen: changes in vegetation and environment from ca. 4400 to CA. 800 BP // Arctic and Alpine Research. 1988. Vol. 20. No. 1. P. 106-116. doi: 10.1080/00040851.1988.12002656

Miller G.H., Sejrup H.P., Lehman S.J., Forman S.L. Glacial history and marine environmental change during the last interglacial-glacial cycle, western Spitsbergen, Svalbard // Boreas. 1989. Vol. 18. Is. 3. P. 273–296. doi: 10.1111/j.1502-3885.1989.tb00403.x

Troitsky L., Punning J., Hütt G., Rajamäe R. Pleistocene glaciation chronology of Spitsbergen // Boreas. 1979. Vol. 8. Is. 4. P. 401-407. doi: 10.1111/j.1502-3885.1979.tb00435.x