doi: 10.24412/2687-1092-2024-11-232-236

ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ ЯМАЛЬСКОГО ШЕЛЬФА В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ, АСПЕКТЫ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ ПО ДАННЫМ ПОСЛЕДНЕГО СТОЛЕТИЯ

✉ *Мещеряков Н.И.[1,2], Усягина И.С.[1], Иванова Н.С.[1], Ананьев Р.А.[3], Крылов А.А.[4,5], Сухих Е.А.[2], Лукша В.Л.[6], Сорохтин Н.О.[3], Денисова А.П.[2], О.В. Кокин О.В.[2]*

[1]ММБИ РАН, Мурманск, Россия
[2] Геологический институт РАН, Москва, Россия
[3] Институт океанологии имени П. П. Ширшова, Москва, Россия
[4] ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия
[5] СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия
[6] МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия
✉*meshcheriakov104@mail.ru*

Фактический материал отобран в рамках в рамках 56 рейса НИС «Академик Николай Страхов» в октябре-ноябре 2023 г. В работе представлены результаты геохронологических исследований седиментации на северо-западе Ямальского шельфа. В районе работ определены темпы седиментации характерные для последнего столетия. Установлен вариационный ряд значений темпов седиментации в период климатических изменений. Оценены минимальные, максимальные и средние значения темпов седиментации после Малого ледникового периода. Предложено экстраполировать полученные данные на период позднего голоцена с учётом последних климатических флуктуаций.

Ключевые слова: *скорость осадконакопления, геохронология, Ямальский шельф, климатические изменения, Малый ледниковый период, поздний голоцен*

Фактический материал получен в рамках 56 рейса НИС «Академик Николай Страхов» в октябре-ноябре 2023 г. Выбранный полигон приурочен к зоне газовой аномалии, обнаруженной ранее в исследуемом районе [*Никифоров и др., 2022*]. Район работ располагается в Карском море к северо-западу от п-ова Ямал. Здесь, в 115 км к СЗ от о. Белый на глубине 118-120 м (74.05791 с.ш; 67.27520 в.д.) была отобрана колонка донных отложений на станции, маркированной ANS56-25 (рис. 1).

Орудием отбора проб являлись ударная грунтовая трубка (УГТ) и трубка ГОИН. Мощность колонки отобранной УГТ составила 387 см, отобранный материал подвергался литологическому описанию в экспедиционных условиях. Для определения геохронологии современной седиментации в районе работ донные отложения вскрывались трубкой ГОИН. Подобный подход позволяет отобрать колонку донных отложений с наименьшими деформациями верхних слоёв и датировать осадки возрастом 100-150 лет методом избыточного ^{210}Pb и техногенного ^{137}Cs [*Мещеряков и др., 2022*] по сравнению с УГТ. По вскрытой трубкой ГОИН осадочной толще проводился гранулометрический анализ. Для получения дополнительной информации о строении рельефа и верхнего осадочного чехла научно-исследовательских работ использовались многолучевой эхолот (МЛЭ) и профилограф SES.

Результаты сейсмоакустического профилирования и литературные данные [*Polyak et al., 2000*] позволили интерпретировать, выделяемую на данном участке верхнюю осадочную пачку мощностью 8-9 м, как неоплейстоценовые - голоценовые отложения. Возраст нижнего горизонта вышеуказанной толщи оценивается в 20 тыс. лет.

Результаты γ-спектрометрического анализа позволили определить возраст верхних осадочных слоев в колонке донных отложений мощность до 20 см. Полученные данные и их верификация по ^{137}Cs позволяют отнести время начала формирования этого горизонта к первой четверти XX века (1921±21.3 г.) и оценить темпы седиментации за последнее столетие (рис. 2). В слое 11.5-13 см, датированном (по $^{210}Pb_{изб}$) 1946 ±16.6 г. радионуклид

^{137}Cs в профиле колонки обнаруживается впервые, это позволяет предположить, что осадок сформировался в период начала испытаний атомного оружия на Новой Земле в 1955 г. [*Kautsky, 1989; Сыч, 2012; Bergqvist, Ferm, 2000*]. Далее по профилю с 11.5 по 6 см значение удельной активности было ниже чувствительности измерительной аппаратуры (< МДА). И только на глубине 5-6 см, датируемой (по ^{210}Pbизб) 1973 ± 8.4 г. 137Cs обнаруживается снова. Этот пик радиоцезия предположительно сформировался в период загрязнения Баренцево-Карского шельфа отходами западноевропейских радиохимических предприятий «Селлафильд» и "Ла Аг", сброшенными в Ирландское море в 1970-х гг. По системе течений воды, содержащие ^{137}Cs, достигали Карского моря через 4-6 лет [*Сивинцев и др., 2005*]. Максимум радиоактивных сбросов пришелся на 1974-1978 гг., следовательно, 1980 гг. можно считать надежным маркером определения возраста осадочного слоя.

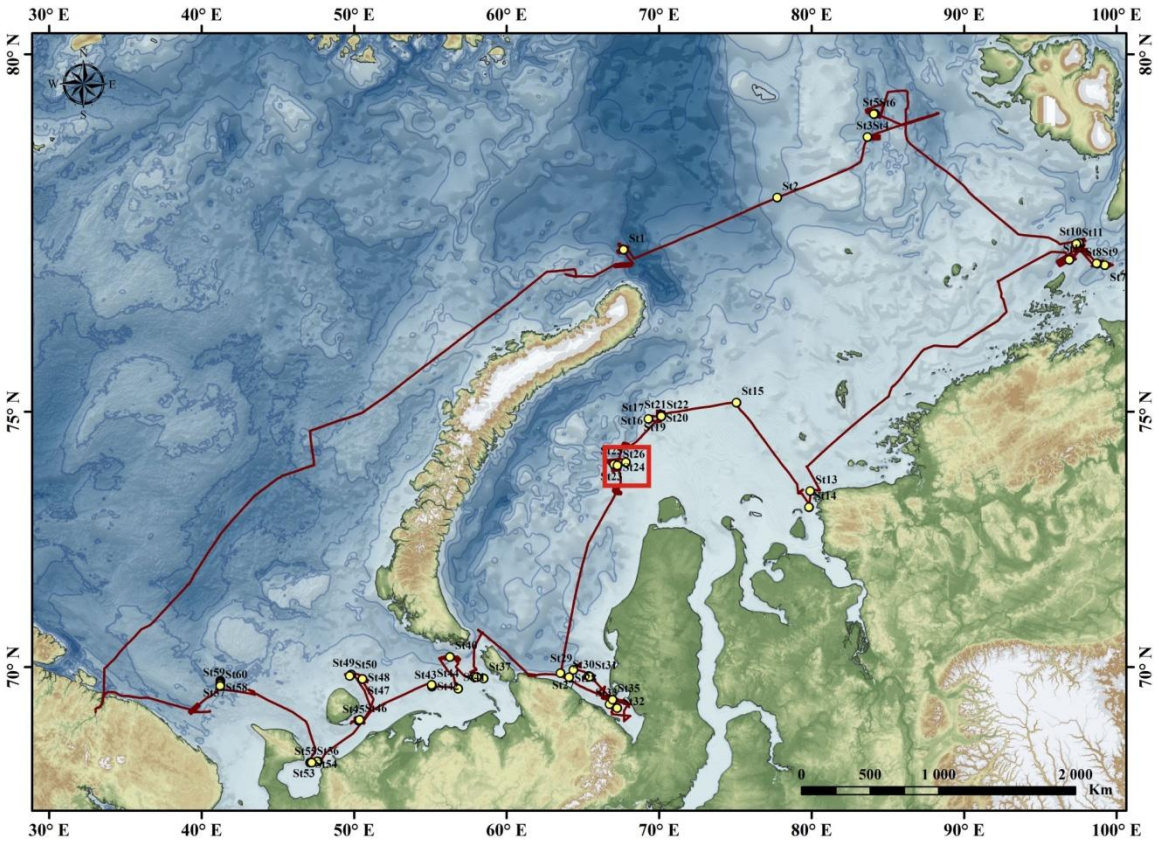

Рис. 1 Район работ в рамках 56 рейса НИС «Академик Николай Страхов»

Скорость седиментации изменялась от 0.07 до 0.35 см/год. Максимальные темпы отмечаются в период обильного таяния вечной мерзлоты на Ямале в период повышения температурного режима [*Kokin, et.al., 2023*]. В то же время минимальные темпы седиментации наблюдаются при уменьшении суммы дневных положительных температур. Данный факт отражает зависимость темпов седиментации от климатических компонентов, отмеченную ещё в середине прошлого века [*Страхов, 1960*], о том же самом говорят и последние исследования на арх. Шпицберген [*Meshcheriakov et al., 2024*]. Это делает данные по темпам седиментации после окончания Малого ледникового периода (МЛП), полученные в районе работ, репрезентативными для экстраполяции на более ранние сроки. Однако, следует учитывать уровень моря, который периодически менялся в голоцене [*Mörner, 1969*], следовательно, возможность экстраполяции в данном районе работ распространяется исключительно на поздний голоцен, когда уровень моря стал близок к современному.

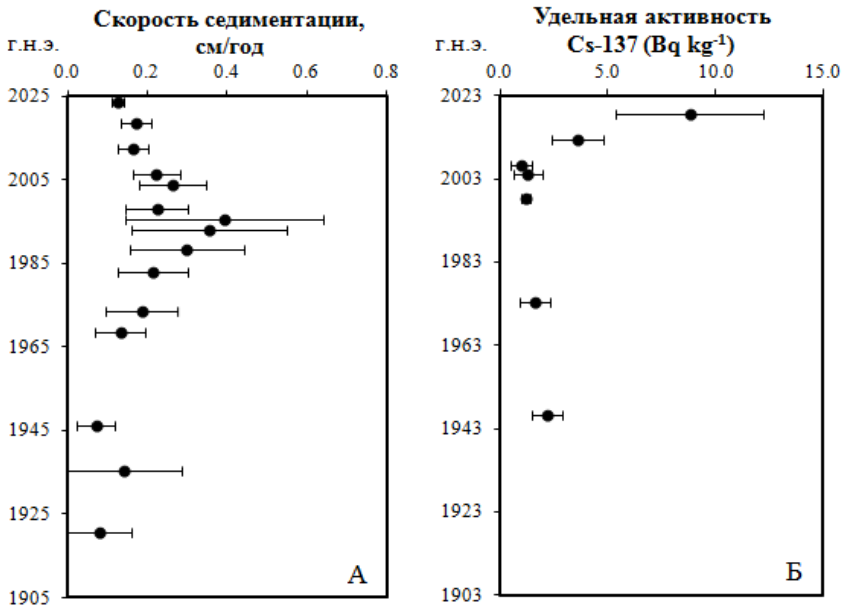

Рис. 2. Геохронология осадконакопления: А) Темпы седиментации; Б) Верификация данных по Cs-137.

Принимая во внимание цикличные колебания температурного режима в голоцене в Северном полушарии [*Dansgaard et al., 1969; Schonwiese, 1995; Litt et al., 2001*], можно предположить наличие определенной цикличности процессов осадконакопления и в районе работ, что позволяет экстраполировать (с некоторыми допущениями) вариации темпов седиментации, наблюдаемые последние 100 лет, на температурные оптимумы и минимумы позднего голоцена.

Таким образом, можно допустить, что средние темпы седиментации в периоды потепления находились в диапазоне значений 0.15-0.21 см/год. Для определения диапазонов значений темпов седиментации в период похолоданий предлагается опереться на темпы седиментации в период «холодных десятилетий» XX века (Карклин и др., 2017) и данные Л.В. Поляка [*Polyak, et al., 2000*] по датировкам на близлежащей станции В-204. Проанализировав эти данные, было установлено, что на северо-западе ямальского шельфа темпы седиментации в периоды потепления и похолодания также могут отличаться в 5-20 раз. Вероятный диапазон значений скорости седиментации в период похолоданий находится в пределах 0.07-0.01 см/год. Отсюда следует, что вероятные темпы седиментации на северо-западе Ямальского шельфа в позднем голоцене могли изменяться в пределах от 0.01 до 0.21 см/год, в зависимости от климатических флуктуаций.

Исследования выполнены за счет гранта Российского научного фонда (проект № 21-77-20038, ГИН РАН, https://rscf.ru/project/21-77-20038/), верификация по цезию выполнена при поддержке темы госзадания ММБИ РАН.

ЛИТЕРАТУРА

Мещеряков Н.И., Усягина И.С., Архипов В.В. и др. Опыт ^{210}Pb и ^{137}Cs датирования отрицательных форм микрорельефа Баренцево-Карского шельфа: методические аспекты // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2022. № 9. С. 170-174. doi: 10.24412/2687-1092-2022-9-170-174

Карклин В.П., Юлин А.В., Шаратунова М.В., Мочнова Л.П. Климатическая изменчивость ледяных массивов Карского моря // Проблемы Арктики и Антарктики. 2017. № 4 (114). С. 37–46. doi: 10.30758/0555-2648-2017-0-4-37-46

Никифоров С.Л., Сорохтин Н.О., Ананьев Р.А. и др. Исследования в Баренцевом и Карском морях в 52-м рейсе НИС “Академик Николай Страхов” // Океанология. 2022. Т. 62. № 3. С. 499-501. doi: 10.31857/S0030157422030078

Сивинцев Ю. В., Вакуловский С. М., Васильев А. П.и др. Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию. М., ИздАТ, 2005. 624 с.

Страхов Н. М. Основы теории литогенеза. Т. 1. М.: АН СССР, 1960. 231 с.

Сыч Ю.Г., Дубинко Л.В. Радиоэкологическая обстановка на архипелаге Новая Земля // Арктика: экология и экономика. 2012. №1(5). С. 48-59.

Bergqvist N.-O., Ferm R. Nuclear Explosions 1945-1998 (FOA-R-00-01572-180). Stocholm, Sweden, Defence Research Establishment, 2000, 43 p.

Dansgaard W., Johnsen S.J., Moller J., Langway Jr. C. C. One thousand centuries of climatic record from the Camp Century on the Greenland Sheet // Science. 1969. Vol. 166. № 3903. P. 377-381. doi:10.1126/science.166.3903.377

Kautsky H. Investigations on the distribution of ^{137}Cs, ^{134}Cs and ^{90}Sr and the water mass transport times in the Northern North Atlantic and the North Sea // Deutsche Hydrographische Zeitschrift. 1987. Vol. 40. P. 49–69.

Kokin O., Usyagina I., Meshcheriakov N., Ananiev R., Arkhipov V., Kirillova A., Maznev S., Nikiforov S., Sorokhtin N. Pb-210 Dating of Ice Scour in the Kara Sea // Journal of Marine Science and Engineering. 2023. Vol. 11. Is. 7, 1404. doi:10.3390/jmse11071404

Litt T., Brauer A., Goslar T., et al. Correlation and synchronisation of Lateglacial continental sequences in northern central Europe based on annually laminated lacustrine sediments // Quaternary Science Reviews. 2001. Vol. 20. Is. 11. P. 1233-1249. doi: 10.1016/S0277-3791(00)00149-9

Meshcheriakov N.I., Usyagina I.S., Namyatov A.A., Tokarev I.V. Stratigraphic Chronology and Mechanisms of Formation of Bottom Sediments at the Mouth of the Grondalen River (Gron-Fjord, West Spitsbergen) during the Period of Climatic Changes // Stratigraphy and Geological Correlation. 2024. Vol. 32. № 5. P. 631–645. doi: 10.1134/S0869593824700151

Mörner N.-A. The Late Quaternary history of the Kattegatt Sea and the Swedish West Coast: deglaciation, shorelevel displacement, chrono-logy, isostasy and eustasy // Sveriges geologiska undersökning, 1969. 487 p.

Polyak L., Levitan M., Gataullin V. et al. The impact of glaciation, river-discharge and sea-level change on Late Quaternary environments in the southwestern Kara Sea // International Journal of Earth Sciences. 2000. Vol. 89. P. 550-562. doi: 10.1007/s005310000119

Schönwiese C. Klimaänderungen: Daten, Analysen, Prognosen. Springer Berlin Heidelberg, 1995. 224 p.

SEDIMENTATION ON THE NORTHWEST OF THE YAMAL SHELF IN THE LATE HOLOCENE, ASPECTS OF EXTRAPOLATION BASED ON DATA OF THE LAST CENTURY

Meshcheriakov N.I.[1, 2], Usyagina I.S.[1], Ivanova N.S.[1], Ananyev R.A.[3], Krylov A.A.[4,5], Sukhikh E.A.[2], Luksha V.L.[6], Sorokhtin N.O.[3], Kokin O.V.[2]

[1]Murmansk Marine Biological Institute, Murmansk, Russia
[2] Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
[3] Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
[4] VNIIOkeangeologia, St. Petersburg, Russia
[5]St Petersburg State University, St. Petersburg, Russia
[6] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The factual material was collected within the framework of the 56th cruise of the R/V "Akademik Nikolay Strakhov". The paper presents the results of geochronological studies of sedimentation in the northwest of the Yamal shelf. In the area of work, sedimentation rates

characteristic of the last century were determined. A variation series of sedimentation rates during the period of climate change was established. Minimum, maximum and average values of sedimentation rates after the Little Ice Age were estimated. It is proposed to extrapolate the obtained data to the late Holocene period, taking into account the latest climatic fluctuations.

Keywords: *sedimentation rate, geochronology, Yamal shelf, climate change, Little Ice Age, late Holocene.*

REFERENCES:

Bergqvist N.-O., Ferm R. Nuclear Explosions 1945-1998 (FOA-R-00-01572-180). Stocholm, Sweden, Defence Research Establishment, 2000, 43 p.

Dansgaard W., Johnsen S.J., Moller J., Langway Jr. C. C. One thousand centuries of climatic record from the Camp Century on the Greenland Sheet // Science. 1969. Vol. 166. № 3903. P. 377-381. doi:10.1126/science.166.3903.377

Karklin V.P., Yulin A.V., Sharatunova M.V., Mochnova L.P. Climatic variability of ice massifs of the Kara Sea // Arctic and Antarctic Research. 2017. No. 4 (114). P. 37–46. doi: 10.30758/0555-2648-2017-0-4-37-46

Kautsky H. Investigations on the distribution of ^{137}Cs, ^{134}Cs and ^{90}Sr and the water mass transport times in the Northern North Atlantic and the North Sea // Deutsche Hydrographische Zeitschrift. 1987. Vol. 40. P. 49–69.

Kokin O., Usyagina I., Meshcheriakov N., Ananiev R., Arkhipov V., Kirillova A., Maznev S., Nikiforov S., Sorokhtin N. Pb-210 Dating of Ice Scour in the Kara Sea // Journal of Marine Science and Engineering. 2023. Vol. 11. Is. 7, 1404. doi:10.3390/jmse11071404.

Litt T., Brauer A., Goslar T., et al. Correlation and synchronisation of Lateglacial continental sequences in northern central Europe based on annually laminated lacustrine sediments // Quaternary Science Reviews. 2001. Vol. 20. Is. 11. P. 1233-1249. doi: 10.1016/S0277-3791(00)00149-9

Meshcheriakov N.I., Usyagina I.S., Arkhipov V.V. Experience of 210Pb and 137Cs dating of negative forms of microrelief of the Barents-Kara shelf: methodological aspects // Relief and Quaternary formations of the Arctic, Subarctic and North-West Russia. 2022. No. 9. P. 170-174. doi:10.24412/2687-1092-2022-9-170-174

Meshcheriakov N.I., Usyagina I.S., Namyatov A.A., Tokarev I.V. Stratigraphic Chronology and Mechanisms of Formation of Bottom Sediments at the Mouth of the Grondalen River (Gron-Fjord, West Spitsbergen) during the Period of Climatic Changes // Stratigraphy and Geological Correlation. 2024. Vol. 32. № 5. P. 631–645. doi: 10.1134/S0869593824700151

Mörner N.-A. The Late Quaternary history of the Kattegatt Sea and the Swedish West Coast: deglaciation, shorelevel displacement, chrono-logy, isostasy and eustasy // Sveriges geologiska undersökning, 1969. 487 p.

Nikiforov S.L., Sorokhtin N.O., Ananyev R.A. et al. Research in the Barents and Kara Seas on the 52nd cruise of the R/V “Akademik Nikolai Strakhov” // Oceanology. 2022. V. 62. №. 3. P. 433-434. doi: 10.1134/S0001437022030079

Polyak L., Levitan M., Gataullin V. et al. The impact of glaciation, river-discharge and sea-level change on Late Quaternary environments in the southwestern Kara Sea // International Journal of Earth Sciences. 2000. Vol. 89. P. 550-562. doi: 10.1007/s005310000119

Schönwiese C. Klimaänderungen: Daten, Analysen, Prognosen. Springer Berlin Heidelberg, 1995. 224 p.

Sivintsev Y. V., Vakulovsky S. M., Vasiliev A. P. et al. Technogenic Radionuclides in the Seas Surrounding Russia. Moscow, IzdAT, 2005, 624 p. (In Russian).

Strakhov N.M. Fundamentals of the theory of lithogenesis. T. 1. M.: USSR Academy of Sciences, 1960. 231 p.

Sych Y.G., Dubinko L.V. Radioecological situation on the Novaya Zemlya archipelago // Arctic: ecology and economics. 2012. No. 1 (5). P. 48-59.