



ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВИЧНОЙ ОЦЕНКИ РАЗРЕЗА ДОННЫХ МОРСКИХ ОСАДКОВ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА КОТЛОВИНЫ НАНСЕНА НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ И РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

✉ Липкина А.Е.¹, Элькина Д.В.², Хоснуллина Т.И.^{1,2}, Макеева П.В.^{2,3}, Гетман К.В.^{1,2}, Гусев Е.А.², Малышев С.А.^{2,4}, Богин В.А.^{2,4}, Карташёв А.О.^{2,4}, Фильчук К.В.⁴, Макаров А.С.⁴

¹СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия

²ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия

³Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия

⁴ФГБУ «ААНИИ», Санкт-Петербург, Россия

✉ lina.lipkina.01@mail.ru

В работе представлены результаты первичной оценки разреза донных морских осадков восточного склона котловины Нансена состоящего из четырех колонок. В отобранных образцах измерены и проанализированы значения магнитной восприимчивости и радиометрических показателей. Результаты исследования послужат основой для дальнейших работ.

Ключевые слова: донные морские осадки, СП-41, Северный Ледовитый океан, Евразийский бассейн, котловина Нансена, палеомагнитные исследования, радиометрические измерения

Введение. В основу исследования легли колонки донных осадочных пород, отобранные на восточном склоне котловины Нансена в ходе экспедиции «Северный полюс – 41» [Соколов и Фильчук, 2023]. Актуальность работы повышает труднодоступность района и связанная с этим низкая изученность Евразийского бассейна. Проведенное на основе первичных измерений исследование позволит получить актуальные сведения о магнитной восприимчивости и радиометрии донных отложений, а также послужит основой для дальнейших работ, посвященных изучению динамики осадконакопления восточного склона котловины Нансена и повлиявших на нее процессов.

Методика измерений и объем выполненных работ. Район исследования – котловина Нансена (максимальная глубина 4000 м), расположенная в Евразийского бассейне между хребтом Гаккеля (на севере) и северным обрамлением шельфа Баренцева моря (на юге) [Соколов и др., 2021]. Разрез был заложен на восточном склоне котловины, в него вошли четыре станции отбора проб: SP41-200T (82°00.216' с.ш., 37°46.048' в.д.), SP41-202T (81°55.365' с.ш., 35°48.180' в.д.), SP41-203T (82°09.894' с.ш., 36°15.068' в.д.), SP41-205T (82°55.383' с.ш., 34°24.532'). Расположение станций указано на рисунке 1. Глубина отбора проб для каждой из станций SP41-200T, SP41-202T, SP41-203T, SP41-205T составила соответственно 1040 м, 1364,0 м, 1925,6 м и 3551,7 м [Попова и др., 2023; 2024a; 2024b; Элькина и др., 2024].

Отбор колонок донных осадков осуществлялся при помощи гравитационной трубки в ходе дрейфа ледовой самодвижущейся платформы «Северный полюс». Общая длина исследованных колонок составила 7,7 м.

В ходе исследования была проведена первичная оценка колонок донных осадочных пород, которая включала измерения магнитной восприимчивости и радиометрических показателей. Измерения проводились на базе ФГБУ «ВНИИОкеангеология».

Измерения магнитной восприимчивости выполнялись с использованием капаметра ПИМВ, «Геодевайс» по ненарушенной поверхности колонки с интервалом шага 3 см. Всего выполнено 246 измерений. По полученным данным были построены кривые изменения магнитной восприимчивости по глубине для каждой из колонок

донных осадочных пород [Элькина и др., 2024] с учетом аномального магнитного поля Евразийского бассейна [Глебовский и др., 2006; Шрейдер, 2004].

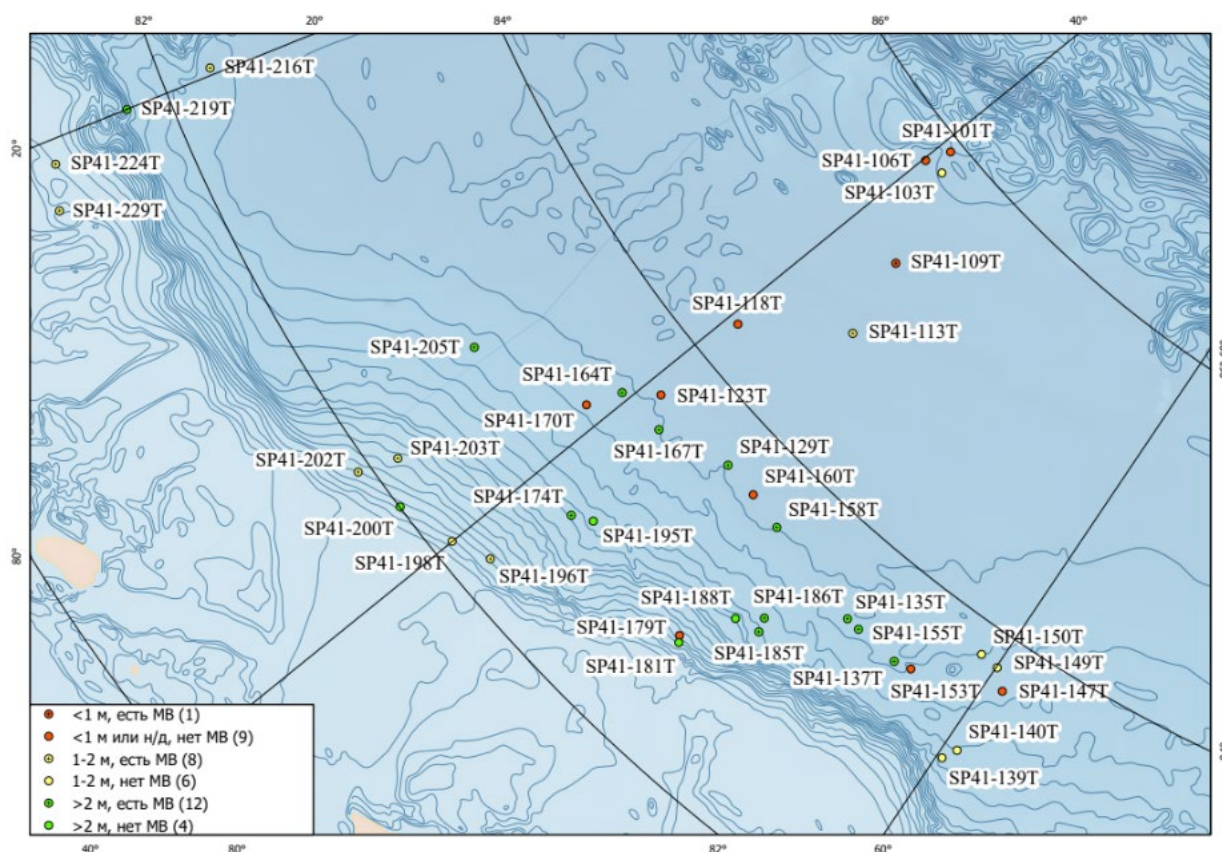


Рис. 1. Расположение станций отбора колонок донных осадков на восточном склоне котловины Нансена в ходе экспедиции «Северный Полюс-41».

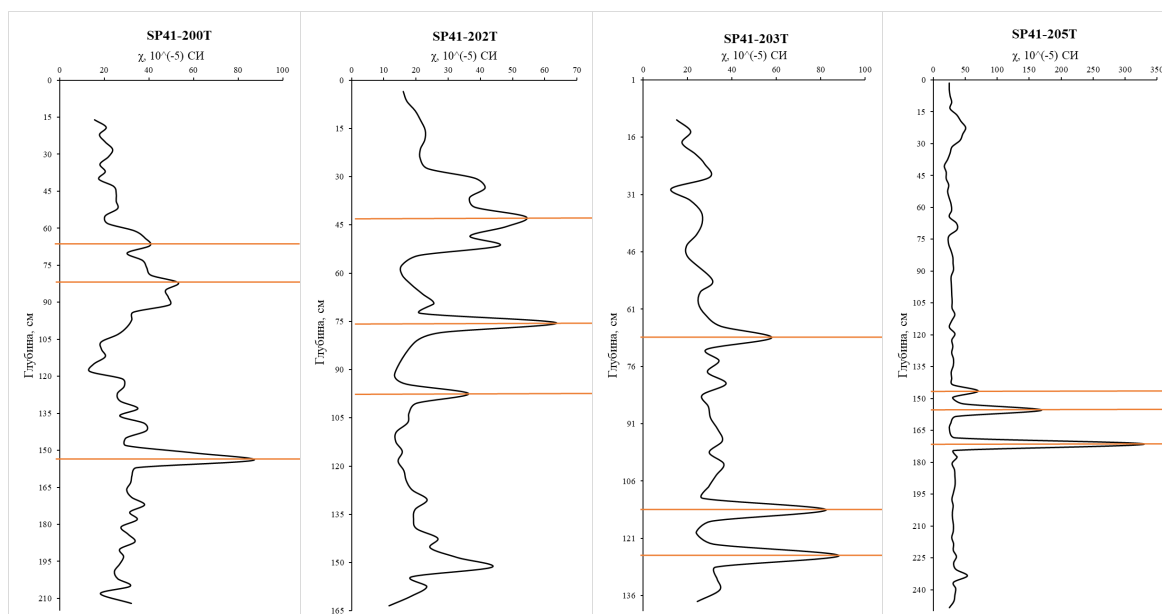


Рис. 2. Кривые изменения магнитной восприимчивости по глубине колонок донных осадочных пород со станций SP41-200T, SP41-202T, SP41-203T, SP41-205T.

Измерения радиометрических показателей осуществлялись с использованием дозиметра- радиометра МКГ-01. Измерения проводились по ненарушенной поверхности колонки с интервалом шага 7 см.

Естественная радиоактивность по профилю колонки оценивалась по мощности AMBIENTной дозы внешнего гамма-излучения (МАД gamma) и плотности потока бета-частиц (beta) [Сапожников и др., 2006]. При проведении измерений учитывался фон плотности потока бета-частиц. Измерения проводились в соответствии с методикой 4362-001-48987820-2001 РЭ редакции 03.06.2021 г. Всего выполнено 107 измерений по каждому из показателей.

В ходе проводимых измерений были учтены нарушения целостности некоторых колонок (трещины), чтобы избежать искажения результатов измерений.

Результаты и обсуждение. Значения магнитной восприимчивости в измеренных образцах в среднем лежат в пределах от $24,9 \times 10^{-5}$ до $36,2 \times 10^{-5}$. Максимальное зафиксированное значение составило $329,8 \times 10^{-5}$ и было выявлено в отложениях донных осадочных пород колонки SP41-205T. Повышение уровня магнитной восприимчивости предположительно обусловлено наличием в образце единичного включения, представленного крупнозернистым материалом. Пики магнитной восприимчивости, зафиксированные во всех четырех исследованных колонках, обосновать их станет возможно после проведения лабораторного анализа. Однако уже на данном этапе исследования можно сделать промежуточные выводы по сравнительному анализу распределения магнитной восприимчивости с литологическим описанием по каждой отдельной колонке. Распределение пиков в исследованных колонках выделены оранжевыми линиями и представлены на рисунке 2.

Из построенных кривых видно, что во всех трех колонках выделяются 3 пика магнитной восприимчивости со значениями, превышающими 40×10^{-5} . При этом на станциях SP41-200T, SP41-202T, SP41-203T первый пик (значения варьируются от 40×10^{-5} до 60×10^{-5}) находится на глубине 40-70 см, второй пик (значения варьируются от 50×10^{-5} до 85×10^{-5}) – на глубине 75-113 см, третий пик (значения варьируются от 40×10^{-5} до 90×10^{-5}) – на глубине 125-154 см. На точке SP41-205T все значения смещаются на большие глубины: так первый пик находится на глубине 145 см, второй – на глубине 155 см, третий – на глубине 230 см. Такое смещение можно объяснить тем, что последняя точка расположена в нижней части склона и имеет наибольшую глубину.

Теория о равномерном опускании пика магнитной восприимчивости донных осадочных пород с глубиной по профилю склона, что было бы логично, опровергается тем, что все три пика фиксируются выше на станции SP41-202T относительно станции SP41-200T; третий пик также фиксируется выше на станции SP41-203T относительно станции SP41-202T.

Для того чтобы доказать единую природу выявленных пиковых значений магнитной восприимчивости донных осадочных пород необходимо обратиться к литологическому описанию отобранных колонок. Описание слоев, где были выявлены пики подробно представлено в таблице 1.

Из таблицы видно, что все пиковые значения находятся в слоях темно-серого цвета (GLEY1 3/10Y или GLEY1 4/10Y). Текстура донных осадочных пород в слоях фиксации пиков магнитной восприимчивости преимущественно массивная и плотная, включения редки. В колонке отобранной в верхней точке котловины (SP41-200T) все три пиковых значения находятся внутри одного горизонта. В колонках, отобранных ниже по склону (SP41-202T, SP41-203T, SP41-205T), они разделяются на два отдельных горизонта, различных по литологическому описанию или разделенных между собой другим горизонтом.

Измерения радиометрических показателей в отобранных колонках позволяют собрать ряд актуальных данных о радиоэкологической обстановке района исследования, выявить локальные радиационные аномалии, вызванных в основном природными особенностями Евразийского бассейна.

Табл. 1. Соотношение литологического описания слоев профиля колонок донных осадочных пород и зафиксированных в них пиков значений магнитной восприимчивости для станций SP41-200T, SP41-202T, SP41-203T, SP41-205T

| SP41-200T | | |
|---------------|------------------|---|
| Пик № | Глубина слоя, см | Литологическая характеристика |
| 1 | 66-99 | Алевропелит, цвет GLEY1 3/10Y very dark greenish gray, текстура плотная (менее плотная, чем у предыдущего слоя), распространены включения в виде угольных гнезд. |
| 2 | | |
| 3 | | |
| SP41-202T | | |
| 1 | 35-56 | Алевропелит, GLEY1 3/10Y very dark greenish gray, текстура редко-крапчатая, единичные включения угля. |
| 2 | 69-166 | Алевропелит, GLEY1 4/10Y dark greenish gray, текстура массивная и плотная, включения песчано-гравийного материала и мелкой гальки. |
| 3 | | |
| SP41-203T | | |
| 1 | 52-63 | Алевропелит, GLEY1 4/10Y dark greenish gray, текстура массивная, явные включения отсутствуют. |
| 2 | 71-140 | Алевропелит, GLEY1 4/10Y dark greenish gray, текстура массивная, явные включения отсутствуют. |
| SP41-203T | | |
| Пик № | Глубина слоя, см | Литологическая характеристика |
| 2 | 71-140 | Алевропелит, GLEY1 4/10Y dark greenish gray, текстура массивная, явные включения отсутствуют. |
| 3 | | |
| SP41-205T | | |
| 1 | 79-167 | Алевропелит, GLEY1 3/10Y very dark greenish gray, текстура массивная, постепенное уплотнение консистенции, явные включения отсутствуют. |
| 2 | | |
| 3 | 167-252 | Алевропелит, GLEY1 3/10Y very dark greenish gray, текстура массивная, консистенция плотная, единичное включение (обнаружено при работе с колонкой). |
| Общие выводы: | | Все пиковые значения находятся в слоях темно-серого цвета (GLEY1 3/10Y или GLEY1 4/10Y). Текстура преимущественно массивная и плотная, включения редки. В колонке SP41-200T все три пиковых значения находятся внутри одного горизонта. В колонках SP41-202T, SP41-203T, SP41-205T они разделяются на два горизонта, различных по литологическому описанию или разделенных другим горизонтом. |

Значения мощности МАД gamma и beta в измеренных образцах лежат в пределах от 0,14 до 0,18 мкЗв/ч и от 0,9 до 3,9 мин-1×см2 соответственно. Такие значения свидетельствуют не только об отсутствии техногенного радиоактивного загрязнения, но и об отсутствии природных радиационных аномалий в районе исследования [НРБ-99/2009].

На основе проведенных измерений были выбраны колонки для дальнейшего лабораторного анализа. В последующих работах планируется рассмотреть и проанализировать результаты палеомагнитного анализа для двух колонок, отобранных на станциях SP41-200T и SP41-205T. Особый интерес в дальнейших исследованиях представляет более подробное изучение выявленных пиковых значений.

Выводы. На основе проведенного комплексного анализа магнитной восприимчивости и радиометрических измерений донных морских осадков восточного склона котловины Нансена можно сделать следующие выводы:

1. Значения магнитной восприимчивости в измеренных колонках частично согласуются с литологическим описанием. В ходе исследования были выявлены закономерности повышенных пиковых значений магнитной восприимчивости в слоях,

схожих по цвету, а также частично имеющих одинаковую плотность донных осадочных пород.

2. По итогам радиометрических измерений на разрезе заложенном в восточной части котловины Нансена повышенных значений выявлено не было. Все значения находятся в пределах естественных флуктуаций и не вызывают опасений.

3. Особый интерес для дальнейших лабораторных исследований с целью выявления палеомагнитной восприимчивости вызывает колонки донных осадочных пород отобранная на станции SP41-200T и SP41-205T, так как они являются крайними точками заложенного разреза и имеют, вероятно, согласующиеся пиковые значения. Также выбор колонки SP41-205T обоснован тем, что находится ближе к центру котловины, и скорее всего отражает более спокойные условия осадконакопления, чем остальные колонки, отобранные на склоне.

ЛИТЕРАТУРА

Глебовский В.Ю., Каминский В.Д., Минаков А.Н., Меркурьев С.А., Чилдерс В.А., Брозина Дж.М. История формирования Евразийского бассейна Северного Ледовитого океана по результатам геоисторического анализа аномального магнитного поля // Геотектоника. 2006. № 4. С. 21-42.

Попова Е.А., Богин В.А., Малышев С.А., Ованесян Г.И., Фильчук К.В., Макаров А.С. Экспедиция «Северный Полюс-41»: предварительные результаты геологических исследований // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2023. Выпуск 10, с. 210-216. doi: 10.24412/2687-1092-2023-10-210-216

Попова Е.А., Богин В.А., Малышев С.А., Фильчук К.В., Макаров А.С., Каминский В.Д. Содержание и состав донно-каменного материала на хребте Ломоносова (83° с. ш.): индикация смены палеообстановок // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2024. Т. 517. № 2. С. 208-216. doi: 10.31857/S2686739724080025

Попова Е.А., Богин В.А., Малышев С.А., Ованесян Г.И., Карташев А.О., Ковалёв С.М. Геологические работы в экспедиции "Северный полюс-41" // Российские полярные исследования. 2024. № 1 (55). С. 10-16.

Сапожников Ю.А., Алиев Р.А., Калмыков С.Н. Радиоактивность окружающей среды. Теория и практика. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 286 с.

Соколов С.Ю., Мороз Е.А., Чамов Н.П., Патина И.С. Палеоген–четвертичная полифациальная осадочная система южного обрамления котловины Нансена // Литология и полезные ископаемые. 2021. № 5. С. 389–405. doi: 10.31857/S0024497X21050050

Соколов В.Т., Фильчук К.В. ЛСП "Северный полюс" - новые возможности для исследований. первые итоги дрейфа интервью с руководителем высокоширотной арктической экспедиции В.Т. Соколовым, начальником дрейфующей станции СП-41 К.В. Фильчуком и участниками экспедиции // Российские полярные исследования. 2023. № 3 (53). С. 5-10.

Шрейдер А.А. Линейные магнитные аномалии Северного Ледовитого океана // Океанология. 2004. Т. 44. С. 768–777.

Элькина Д.В., Пискарев А.Л., Хоснуллина Т.И., Гусев Е.А., Попова Е.А., Богин В.А., Малышев С.А., Фильчук К.В., Макаров А.С. Первые палеомагнитные результаты исследований донных морских осадков, отобранных в котловине Амундсена, Северный Ледовитый океан. Результаты экспедиции «Северной Полюс-41» // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2024. Выпуск 11, с. 444-449. doi: 10.24412/2687-1092-2024-11-444-449

СанПиН 2.6.1.2523-09 - Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарные правила и нормативы. - М.: Роспотребнадзор, 2009

PRELIMINARY RESULTS OF THE PRIMARY ASSESSMENT OF THE BOTTOM MARINE SEDIMENTS OF THE EASTERN SLOPE OF THE NANSEN BASIN BASED ON A COMPREHENSIVE ANALYSIS OF MAGNETIC SUSCEPTIBILITY AND RADIOMETRIC MEASUREMENTS

Lipkina A.E.¹, Elkina D.V.², Khosnullina T.I.^{1,2}, Makeeva P.V.^{2,3}, Getman K.V.^{1,2}, Gusev E.A.², Malyshev S.A.^{2,4}, Bogin V.A.^{2,4}, Kartashev A.O.^{2,4}, Filchuk K.V.⁴, Makarov A.S.⁴

¹ St.-Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

² VNIIOkeangeologia, St. Petersburg, Russia

³ St.-Petersburg Mining University of Empress Catherine II, St. Petersburg, Russia

⁴ Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia

The paper presents the results of a primary assessment of the section of bottom marine sediments of the eastern slope of the Nansen Basin, which consists of 4 columns. The values of magnetic susceptibility and radiometric indicators were measured and analyzed in the selected samples. The results of the study will serve as a basis for further research.

Keywords: *bottom marine sediments, SP-41, Arctic Ocean, Eurasian Basin, Nansen Basin, paleomagnetic studies, radiometric measurements*

REFERENCES:

- Glebovsky V.Y., Kaminsky V.D., Minakov A.N., et al.*, Formation of the Eurasia Basin in the Arctic Ocean as inferred from geohistorical analysis of the anomalous magnetic field // *Geotectonics*. 2001. Is. 4. P. 21–42. doi:10.1134/S0016852106040029
- Popova E.A., Bogin V.A., Malyshev S.A., Ovanesyan G.I., Filchuk K.V., Makarov A.S.* The ‘Severnoy Polus-41’ (‘North Pole-41’) expedition: marine geology onboard // *Relief and Quaternary deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia*. 2023. Issue 10. P. 210-216. doi: 10.24412/2687-1092-2023-10-210-216
- Popova E.A., Bogin V.A., Malyshev S.A., Filchuk K.V., Makarov A.S., Kaminsky V.D.* Content and Composition of Rock Debris at Lomonosov Ridge (83° N): Indication of Palaeoenvironmental Changes // *Doklady Earth Sciences*. 2024. Vol. 517. P. 1281-1287. doi: 10.1134/S1028334X24602074
- Popova E.A., Bogin V.A., Malyshev S.A., Ovanesyan G.I., Kartashev A.O., Kovalev S.M.* Geological works in the expedition "North Pole-41" // *Russian Polar research*. 2024. No. 1 (55). P. 10-16. (in Russian).
- Sapozhnikov Yu.A., Aliev R.A., Kalmykov S.N.* Environmental Radioactivity. Theory and Practice. Moscow: BINOM. Knowledge Laboratory, 2006. 286 p. (in Russian).
- Sokolov S.Y., Moroz E.A., Chamov N.P., Patina I.S.* Paleogene–Quaternary polyfacies sedimentary system of the southern Nansen Basin // *Lithology and Mineral Resources*. 2021. Vol. 56. № 5. P. 375-389. doi: 10.1134/S0024490221050059
- Sokolov V.T., Filchuk K.V.* LSP "North Pole" - new opportunities for research. The first results of the drift interview with the head of the high-latitude Arctic expedition V.T. Sokolov, the head of the drifting station SP-41 K.V. Filchuk and expedition participants // *Russian Polar Research*. 2023. No. 3 (53). P. 5-10. (in Russian).
- Shreider A.A.* Linear magnetic anomalies in the Arctic ocean // *Oceanology*. 2004. Vol. 44. № 5. P. 721-729.
- Elkina D.V., Piskarev A.L., Khosnullina T.I., Gusev E.A., Popova E.A., Bogin V.A., Malyshev S.A., Filchuk K.V., Makarov A.S.* First paleomagnetic results on marine sediments collected in the Amundsen basin, Arctic ocean. Results of expedition North Pole-41 // *Relief and Quaternary deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia*. 2024. Issue 11. P. 444-449. doi: 10.24412/2687-1092-2024-11-444-449
- SanPiN 2.6.1.2523-09 - Radiation Safety Standards (NRB-99/2009): Sanitary Rules and Regulations. - Moscow: Rospotrebnadzor, 2009. (in Russian).