

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО КОЛОНКАМ ДОННЫХ ОСАДКОВ, ОПРОБОВАННЫМ В ВОСТОЧНЫХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ

¹Элькина Д.В., ²Гостенина А.А., ^{1,2}Пискарев А.Л., ¹Гусев Е.А.

¹ ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия; darielfly@gmail.com

² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Проведены палеомагнитные исследования по колонкам донных осадков, опробованным в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском в ходе выполнения ФГБУ «ВНИИОкеангеология» морских геологосъемочных работ масштаба 1:1 000 000 в 2018-2020 гг. По первым результатам выявлено несколько реперных значений изменения наклона, которые в дальнейшем будут использоваться для возрастной привязки колонок. Также отмечаются экстремумы значений магнитной восприимчивости в колонках из моря Лаптевых и пик этой величины, прослеживающийся в нескольких колонках из Восточно-Сибирского моря.

Ключевые слова: *палеомагнитные исследования, морские осадки, голоцен, экскурс, неоплейстоцен, море Лаптевых, Восточно-Сибирское море*

В последнее время возросла актуальность изучения акваторий российской Арктики. Этому способствует множество факторов, важнейший из которых - поиск и разведка площадей возможных месторождений. К числу участков арктического шельфа, наиболее перспективных для открытия гигантских нефтяных месторождений относятся шельфовая часть Западно-Лаптевского бассейна в море Лаптевых и южный борт Северо-Чукотского бассейна в Восточно-Сибирском море [Piskarev et al., 2019]. На этих участках существуют проекты поисково-разведочного бурения и проектируются инженерно-геологические исследования. Проведение палеомагнитных исследований донных осадков, нацеленных на выявление магнитных параметров осадков и скорости четвертичного осадконакопления в этих морях, способствуют выбору и подготовке участков буровых работ. Кроме того, вследствие низкой изученности нерешенными остаются многие проблемы геологического строения и палеогеографии Восточно-Сибирского моря. Палеомагнитные исследования донных морских осадков позволяют получить данные о вариациях геомагнитного поля в голоцен-плейстоценовое время и тем самым получить информацию об их относительном возрасте.

По 14 колонкам из Восточно-Сибирского моря и 7 колонкам из моря Лаптевых, опробованным в ходе выполнения рейсовых работ [Гусев и др., 2019; 2020^а, 2020^б] (Рис. 1), были проведены измерения магнитной восприимчивости. Измерения проводились при помощи сенсорного прибора MS2E, Bartington с интервалом 2,5 см или с использованием каппаметра КТ-5 с интервалом 6,5 см (колонки ИП-18). Также были выполнены палеомагнитные исследования для колонок ИП-1916Т, ИП-1929Т, МС-2012Т и МС-2036Т. Отбор образцов производился методом сплошного отбора при помощи стеклянных цилиндров. Палеомагнитные измерения выполнялись с использованием оборудования ресурсного центра Научного парка Санкт-Петербургского государственного университета «Геомодель». Измерения естественной остаточной намагниченности (ЕОН), с последующим ступенчатым размагничиванием переменным магнитным полем для части колонок, выполнялись на СКВИД-магнитометре SRM-755, производство 2G Enterprise. Методика палеомагнитных исследований донных осадков шельфовых морей детально описана в работе В.В. Кочегуры (1992) [Кочегура, 1992]. Также для образцов колонок из Восточно-Сибирского моря были выполнены измерения анизотропии магнитной восприимчивости для изучения магнитной текстуры осадков.

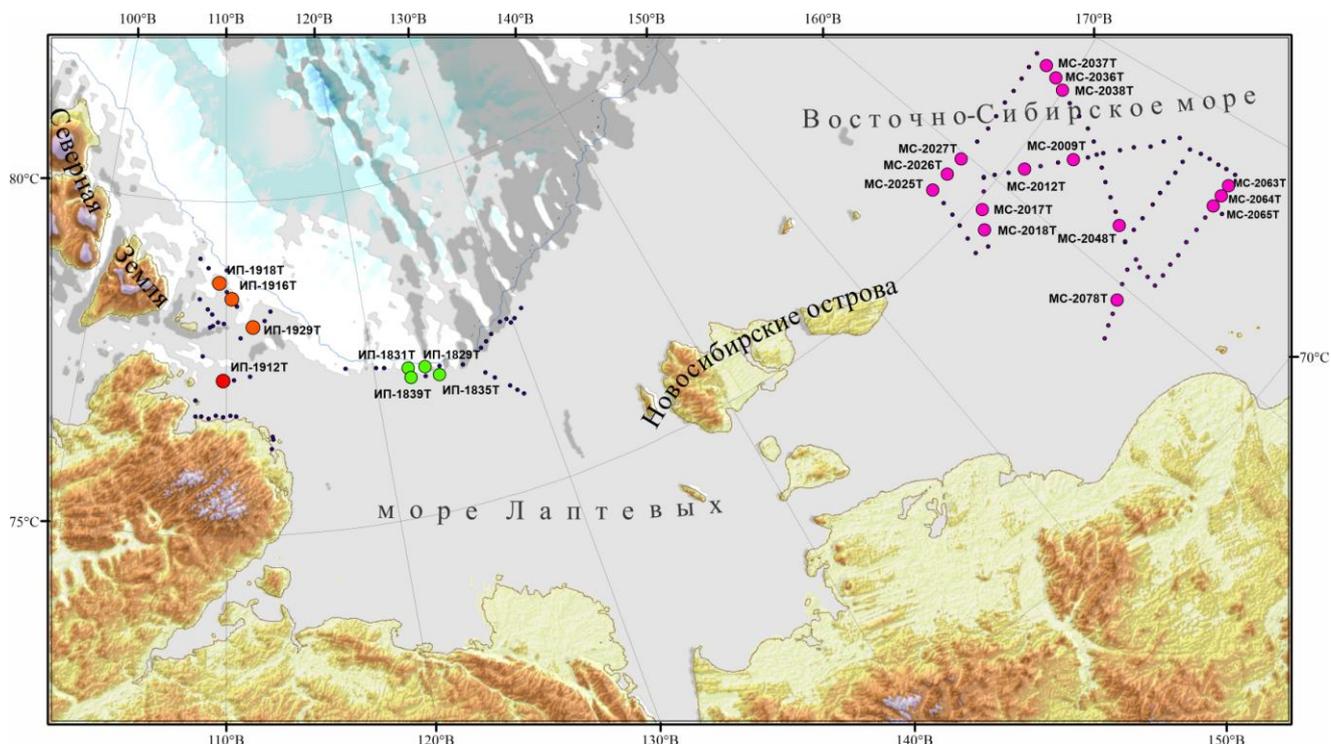


Рис. 1. Карта станций пробоотбора, выполненных экспедициями ВНИИОкеангеология в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском в 2018-2020 гг.

Кривые изменения магнитной восприимчивости (k) отражают литологическую и гранулометрическую изменчивость состава донных осадков в изученных колонках. В ряде колонок Восточно-Сибирского моря отмечаются пики магнитной восприимчивости, которые могут быть связаны с эпизодами поступления в осадочный материал пеплового материала вулканических извержений (Рис. 2).

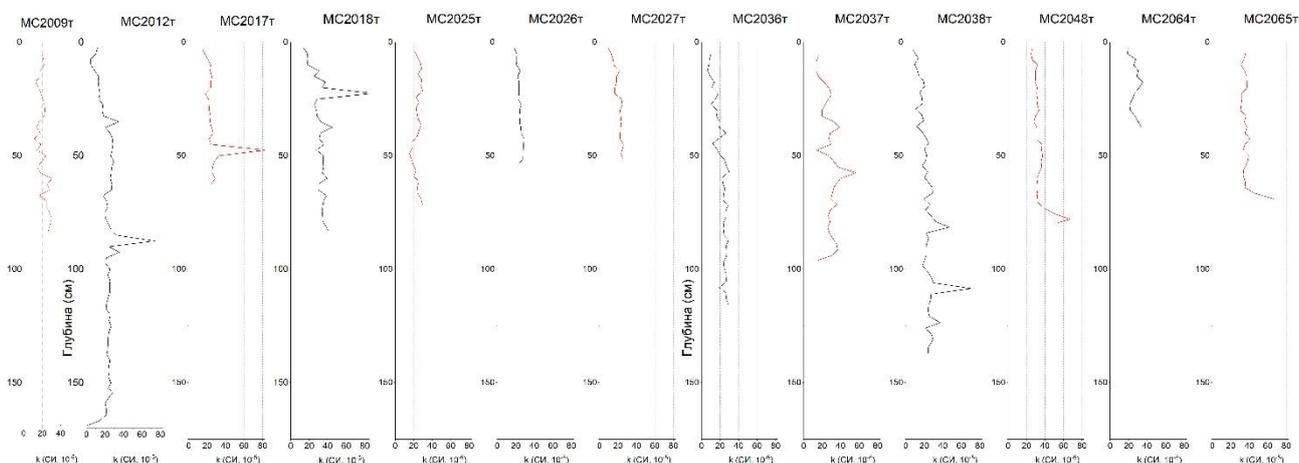


Рис. 2. Результаты измерений магнитной восприимчивости по 13 колонкам, Восточно-Сибирское море.

Для получения палеомагнитных данных по колонкам было произведено измерение показателей ЕОН, которые включают в себя магнитное склонение D и наклонение I , а также интенсивность намагничивания J_n . Полученные результаты представлены на Рис. 3–6 вместе с данным магнитной восприимчивости. Колонка ИП-1929Т, характеризующаяся очень высокими значениями магнитной восприимчивости на глубине 150–200 см, не показывает каких-либо значительных вариаций кроме роста интенсивности ЕОН, совпадающего с ростом k , и постепенного уменьшения наклонения к забою колонки. Колонка же ИП-1916Т, отобранная северо-западнее от ИП-1929Т, фиксирует несколько глубин в первых метрах с отрицательными значениями наклонения, а также несколько пиков намагниченности и магнитной

восприимчивости ниже по колонке. Отрицательные наклонения требуют дополнительных исследований по размагничиванию переменным полем для подтверждения стабильности такой намагниченности.

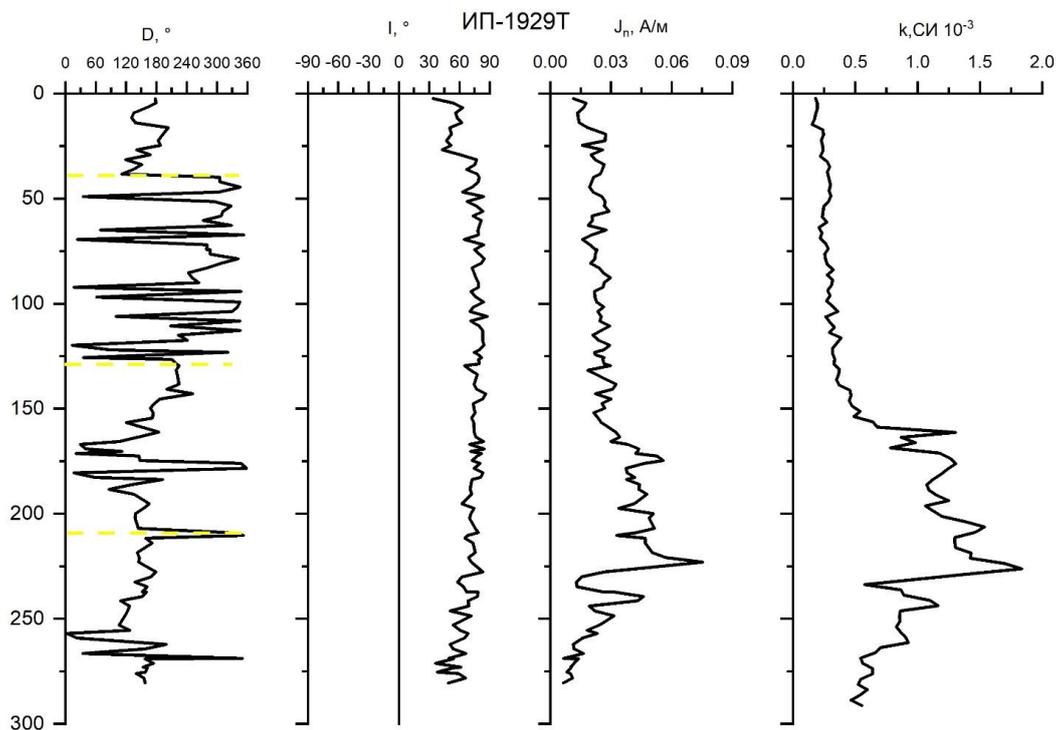


Рис. 3. Результаты палеомагнитных исследований колонки ИП-1929Т. Жёлтой пунктирной линией обозначены секции колонки.

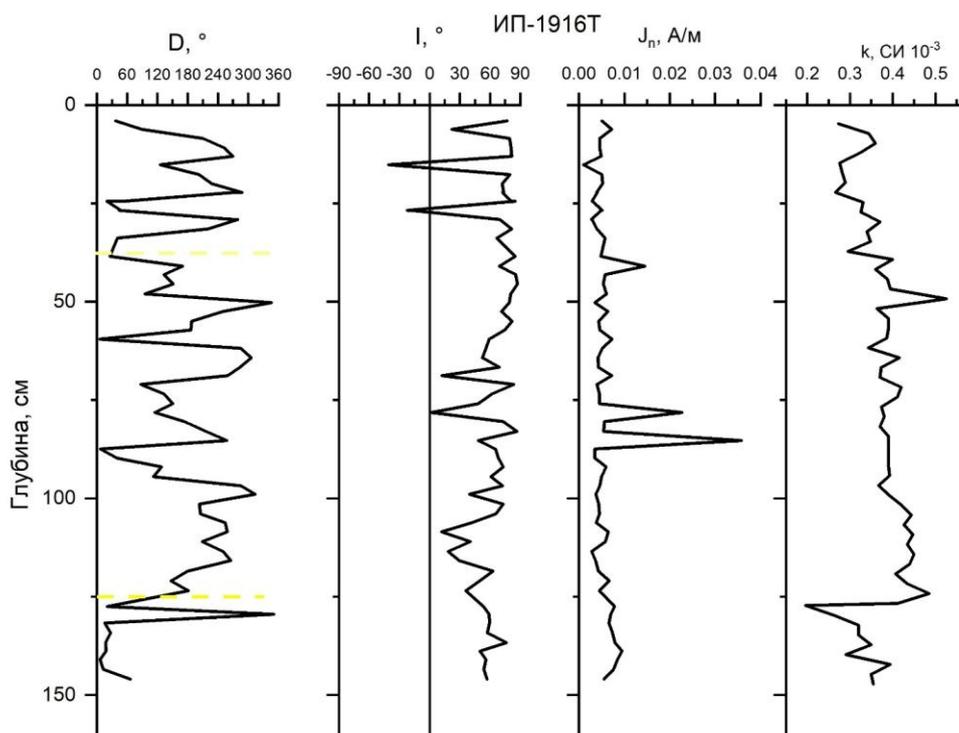


Рис. 4. Результаты палеомагнитных исследований колонки ИП-1916Т. Жёлтой пунктирной линией обозначены секции колонки.

По колонкам же МС-2012Т и МС-2036Т для части образцов произведено поэтапное размагничивание переменным полем с подробным шагом от 0 до 100 мТл для выявления стабильной компоненты остаточной намагниченности. На Рис.5 и Рис.6 данные размагничивания 20 мТл, достаточные для этих осадков для удаления вязкой остаточной намагниченности, приведены оранжевым цветом. Пример характерной диаграммы размагничивания приведён на Рис. 7. Для колонки МС-2036Т по показателям размагничивания на ступени 20мТл при сравнении с исходными данными ЕОН визуально не выявляется существенных различий. Для колонки МС-2012Т магнитная чистка даёт более высокие значения наклонения, ближе к 70-80°; особенно заметно это для нижней части колонки. Кроме того, для образца, отобранного на глубине 84 см, отрицательное наклонение, полученное при измерении ЕОН, не меняет знака и после магнитной чистки, что может говорить о фиксации экскурса на этой глубине. При этом соседствующий пик k , зарегистрированный на глубине 85 см, вероятно, указывает на изменении литологического состава, выраженное поступлением материала с повышенным содержанием железа, что может быть также связано с некими вариациями в условиях осадконакопления.

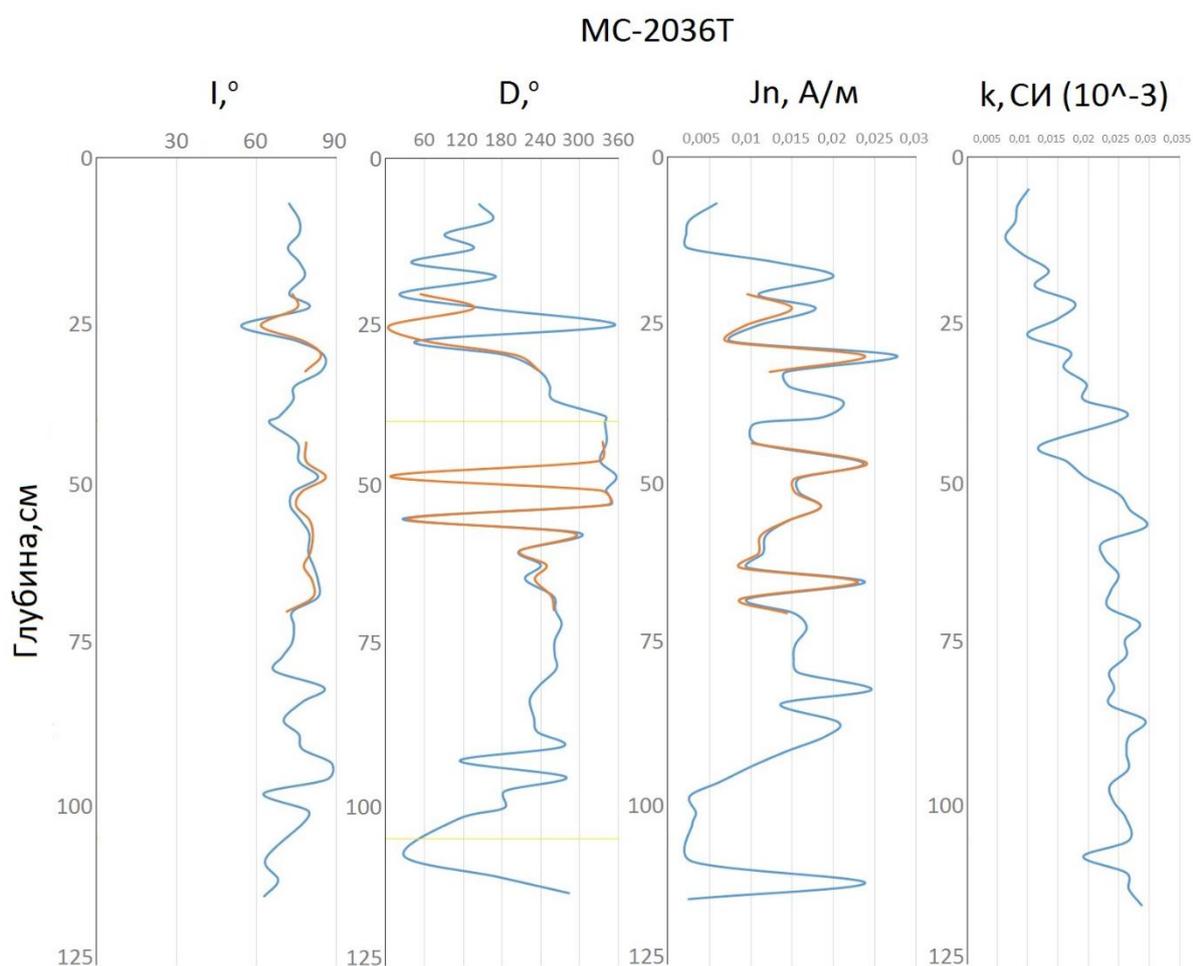


Рис. 5. Результаты палеомагнитных исследований колонки МС-2036Т. Синим цветом обозначены данные ЕОН, оранжевым – данные размагничивания переменным полем 20мТл. Жёлтой линией обозначены секции колонки.

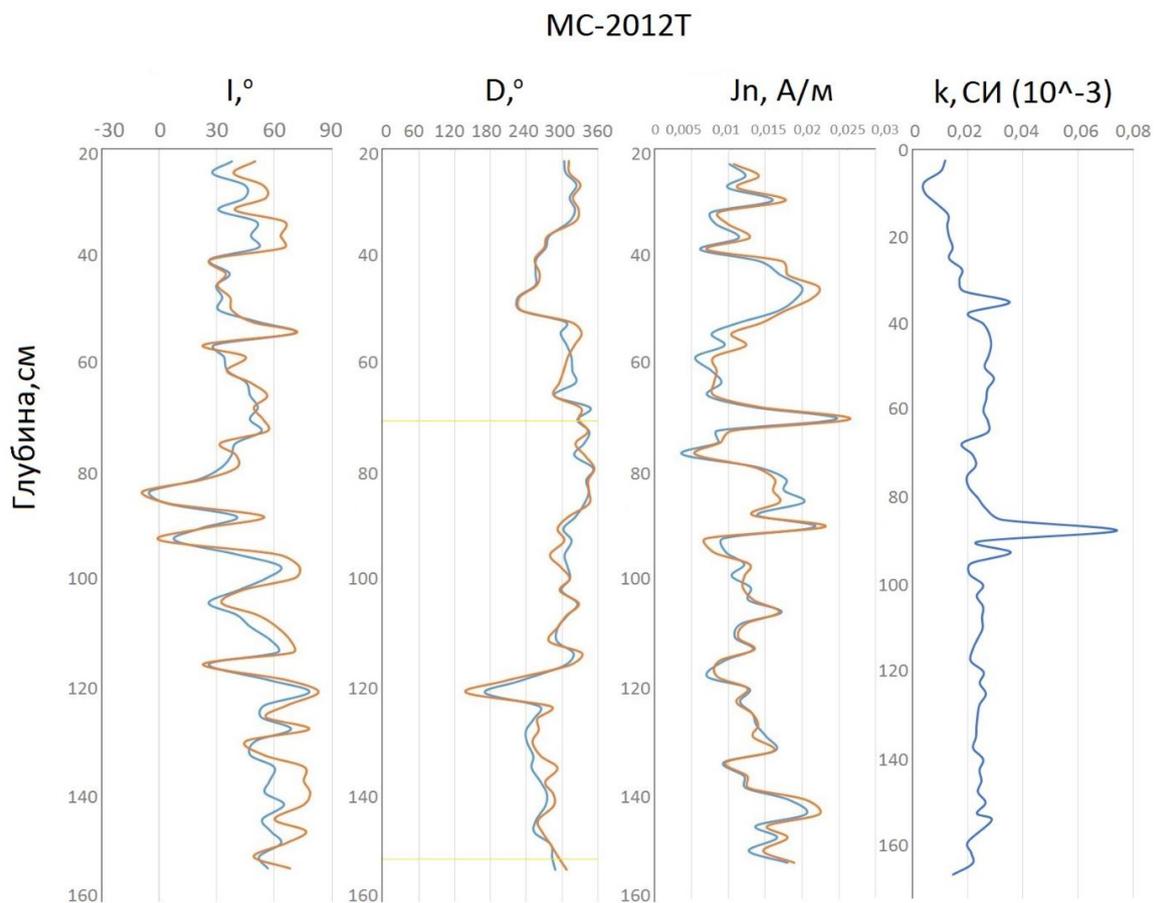


Рис. 6. Результаты палеомагнитных исследований колонки MC-2012T. Синим цветом обозначены данные NRM, оранжевым – данные размагничивания при ступени 20мТл. Жёлтой линией обозначены секции колонки.

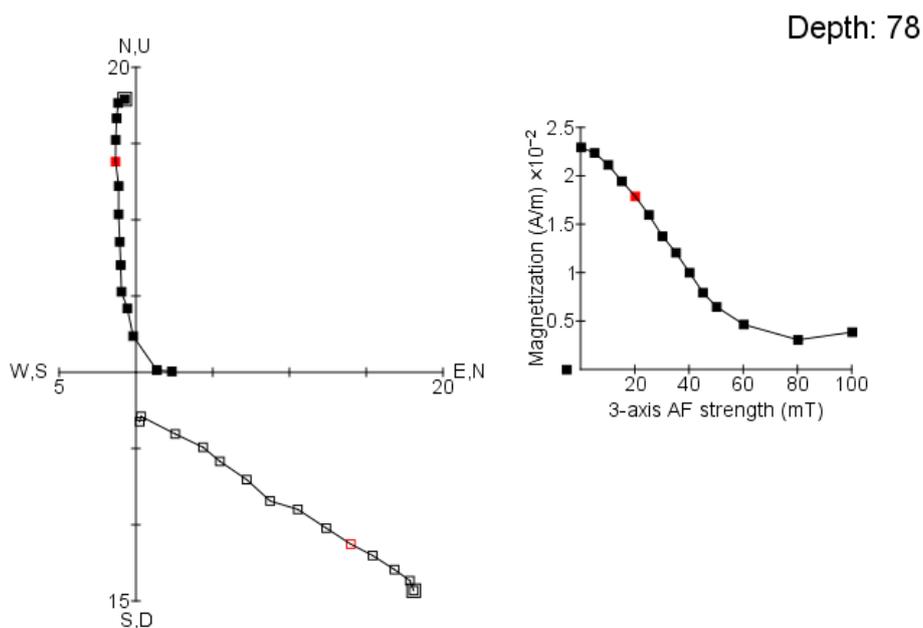


Рис. 7. Диаграмма Зийдервельда (полые квадраты — горизонтальная составляющая; закрасненные — вертикальная) и зависимость интенсивности намагничивания от величины размагничивающего поля (AF) на глубине 78 см, колонка MC-2012T. Красным выделено значение для 20мТл, принятого оптимальным для выделения стабильной компоненты.

Основными реперными данными для определения возраста пород по палеомагнитным данным в эпоху нормальной полярности Брюнеса являются экскурсы геомагнитного поля и палеовариации. Стратиграфическая привязка и корреляция донных осадков голоцена осуществляется с использованием магнитостратиграфической шкалы, включающей зарегистрированные в северном полушарии экскурсы Этруссия ($\approx 2,5$ т. лет назад), Соловки (≈ 6 тыс. лет назад) и Гетенбург (≈ 12 тыс. лет назад) [Гуськова и др., 2001]. Уход магнитного наклона близко к отрицательным значениям, отмеченный единично в колонках ИП-1916Т и МС-2012Т (Рис. 4, Рис. 6), может быть связан именно с этими возрастными реперами, являясь выражением экскурсов в осадке.

Дальнейшее накопление данных измерений вариаций направления естественной остаточной намагниченности и напряженности магнитного поля Земли будет использованы для корреляции и стратификации отложений. Запись вариаций в ряде хорошо изученных разрезов позднечетвертичных пород показывает периодические изменения наклона с амплитудой до 20 градусов и с периодом около 3 тыс. лет [Tauxe et al., 2018]. В последнее время накоплены данные по вариациям не только направления, но и напряженности земного магнитного поля. Изучение палеомагнитных характеристик актуально в данном случае, т.к. величины склонения и наклона позволяют рассчитать вектор напряженности магнитного поля. За время, прошедшее с экскурса Моно (33 тыс. лет), наблюдается тренд увеличения напряженности земного магнитного поля, примерно в 3-4 раза. На фоне увеличения напряженности наблюдаются кратковременные спады протяженностью в 1-2 тыс. лет. Эти данные позволяют использовать параметр напряженности земного магнитного поля для построения возрастных моделей и определения относительного возраста пород.

Палеомагнитные исследования используются при составлении листов геологических карт масштаба 1:1 000 000 арктических морей России. Кроме того, создается методическая основа для применения данных исследований при картировании участков детальных работ при планировании поисково-разведочных работ на углеводородное сырье.

ЛИТЕРАТУРА

³Гусев Е.А., Крылов А.А., Яржембовский Я.Д., Элькина Д.В., Новихина Е.С., Костромина Н.А., Комаров А.Ю., Горбунов Д.А., Бочкарев А.В., Захаров В.Ю. О первых результатах проведения морских геологосъемочных работ масштаба 1:1 000 000 в рамках листов Государственной геологической карты РФ S-57,58 (Восточно-Сибирское море) // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2020. Выпуск 7. С. 52-59. doi:10.24411/2687-1092-2020-10708

⁶Гусев Е.А., Крылов А.А., Бочкарев А.В., Криницкий П.И., Горемыкин Ю.В., Новихина Е.С., Семенов П.Б., Казарезов Д.А., Сухоплюева А.С. Результаты геологической съёмки шельфа моря Лаптевых в рамках листов Т-49,50,51,52 масштаба 1:1 000 000 Государственной геологической карты Российской Федерации // Итоги экспедиционных исследований в 2019 году в Мировом океане, внутренних водах и на архипелаге Шпицберген: материалы конференции, 26–27 февраля 2020 г., Москва. – Севастополь: ФИЦ ИнБЮМ, 2020. С. 18-23.

Гусев Е.А., Крылов А.А., Новихина Е.С., Литвиненко И.В., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю. Первые результаты морских геологосъемочных работ в желобе Воронина (Карское море) и на континентальном склоне моря Лаптевых // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2019. Выпуск 5. С. 38-42. doi:10.24411/2687-1092-2019-10508

Гуськова Е.Г., Распопов О.М., Пискарев А.Л., Дергачев В.А., Мёрнер Н.-А. Тонкая структура геомагнитного поля за последние 30000 лет по намагниченности осадков Баренцева моря // Геомагнетизм и аэрономия. 2001. Т. 44. №4. С. 554-560.

Кочегура В.В. Применение палеомагнитных методов при геологической съёмке шельфа. СПб, изд-во ВСЕГЕИ, 1992. 143 с.

Пискарев А.Л., Гуськова Е. Г. Применение палеомагнитных методов при изучении донных осадков морей и океанов. Материалы отчета. г. Санкт-Петербург, 2010.

Piskarev A.L., Kaminsky V.D., Poselov V.A., Savin V.A., Smirnov O.E. Russian Arctic basins: probability of giant oil field discoveries in the light of new geophysical data // 81st EAGE Conference and Exhibition 2019. doi: 10.3997/2214-4609.201901546.

Tauxe L. et al. Essentials of Paleomagnetism: Fifth Web Edition. La Jolla, USA: Scripps Institution of Oceanography. 2018. 512 p.

FIRST RESULTS OF PALEOMAGNETIC STUDIES ON SEDIMENT CORES FROM THE EASTERN ARCTIC SEAS

¹*Elkina D.V.,* ²*Gostenina A.A.,* ^{1,2}*Piskarev A.L.,* ¹*Gusev E.A.*

¹ VNIIOkeangeologia, St. Petersburg, Russia; darielfly@gmail.com

² Saint-Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Sediment cores collected from the Laptev and East Siberian seas during expedition of VNIIOkeangeologia in 2018-2012 have been subjected to paleomagnetic studies. Based on the first results, several reference values of the NRM inclination are identified that could be later used to construct an age model for the studied cores. Moreover, measurements of the magnetic susceptibility show extreme values in one core from the Laptev Sea. There is also a single peak of the magnetic susceptibility, traced in several cores from the East Siberian Sea.

Keywords: *paleomagnetic studies, marine sediments, Neopleistocene, Holocene, East Siberian Sea, Laptev Sea*