

ских исследований научной дрейфующей станции «Северный полюс-41», базирующейся на борту НЭС «Северный полюс». Это символизирует преемственность в изучении Арктики и Северного Ледовитого океана на научных дрейфующих станциях. СП-41 работает в высокоширотной Арктике с сентября 2022 года (дрейф начался 2 октября).

Союз радиолюбителей России провел в период с 15 по 25 декабря дни активности, посвященные юбилею Э.Т. Кренкеля.

А соревнования «Мемориал Э.Т. Кренкеля — RAEM» состоялись 24 декабря — уже в 52-й раз. Радиосвязи с мемориальной радиостанцией, выходящей в эфир с СП-41 с позывным RAEM, давали участникам соревнований дополнительные очки, поэтому всем хотелось связаться с ней.



О.Ю. Стрибный в день соревнований.
Фото О.Ю. Стрибного

За время соревнований радиостанция СП-41 провела более 330 радиосвязей с радиолюбителями из разных стран и регионов мира. Несколько радиостанциям удалось связаться с RAEM на всех пяти диапазонах, где проходили соревнования (10 м, 15 м, 20 м, 40 м, 80 м). Сделать это было непросто, ведь дрейф СП-41 продолжается, а Арктика — это область с часто меняющейся и суровой погодой.

Победители соревнований были награждены памятными плакетками,

а участники, у которых подтверждены не менее 100 радиосвязей, получили дипломы. Информация о «Мемориале» представлена на сайте соревнований (<https://raem.srr.ru/>).

О.Ю. Стрибный, М.А. Емелина (АНИИ)

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В ЭКСПЕДИЦИИ «СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС-41»

Из-за труднодоступности строение дна Северного Ледовитого океана (СЛО) до сих пор изучено слабо. Работа на научно-экспедиционном судне (НЭС) «Северный полюс» предоставляет уникальную возможность заполнить этот пробел. В экспедиции «Северный полюс-41» проводились литологические, палеомагнитные, споропыльцевые, стратиграфические и газо-геохимические исследования донных осадков, а также петрографическое изучение горных пород в Арктическом бассейне СЛО по маршруту дрейфа НЭС. Основная задача полевых исследований заключалась в получении представительного разреза донных осадков вдоль пути дрейфа судна, выявлении изменчивости областей сноса терригенного материала, оценке скоростей осадконакопления, характеристике особенностей диагенеза и аутиген-

ного минералообразования, определении содержания углеводородных и неуглеводородных газов.

Экспедиция предоставила уникальную возможность провести геологическое опробование на субширотном профиле, пересекающем различные морфоструктуры Северного Ледовитого океана: Амеразийского (более древнего) и Евразийского (более молодого) бассейнов, характеризующихся различными скоростями осадконакопления, влиянием на седиментацию различных систем ледяного дрейфа (круговорота Бофорта и Трансполярного дрейфа соответственно), сменой геологического строения областей сноса. Отбор газовой компоненты из донных отложений и придонных вод позволяет выявить зоны разгрузки углеводородных флюидов, в ряде случаев маркирующих залежи нефти и газа.

Рис. 1. Гравитационная трубка



Рис. 2. Бокс-корер



Рис. 3. Скальная драга



Важнейшая информация о коренных породах могла быть получена путем драгирования их выходов на эскарпах хребта Ломоносова и в рифтовой долине хребта Гаккеля. В ходе экспедиции было несколько попыток драгирования. В районе хребта Ломоносова — две попытки, в результате которых не удалось достать до коренных пород. Следующие попытки предпринимались на хребте Гаккеля, но они тоже были неудачными. Любые данные о коренных породах фундамента в Центральном Арктическом бассейне являются уникальными по причине практически полного отсутствия скважин (исключение — буровая экспедиция IODP-302-ACEX в 2004 году).

Положение станций пробоотбора выбиралось по результатам детального анализа морфоструктуры дна на пути дрейфа судна. Были опробованы все основные встреченные морфоструктуры.

Расстояние между станциями изменялось от 5 до 30 км в зависимости от особенностей рельефа. Как правило, в течение суток выполнялась одна спускоподъемная операция с использованием гравитационной прямооточной трубки (рис. 1) и вторая — с использованием бокс-корера (рис. 2). Драга (рис. 3) применялась только на подводных хребтах.

Литологические и литостратиграфические исследования

После подъема прямооточной трубки на палубу из нее вынимался керн, который помещался в специальные пластиковые лотки. В лаборатории пробоподготовки керн разрезался на две половины (рис. 4), поверхности зачищались и фотографировались. После этого проводилось послойное литологическое описание керна с детальной характеристикой структуры осадка, цвета, текстуры, физико-механических особенностей, включений, типов контактов.

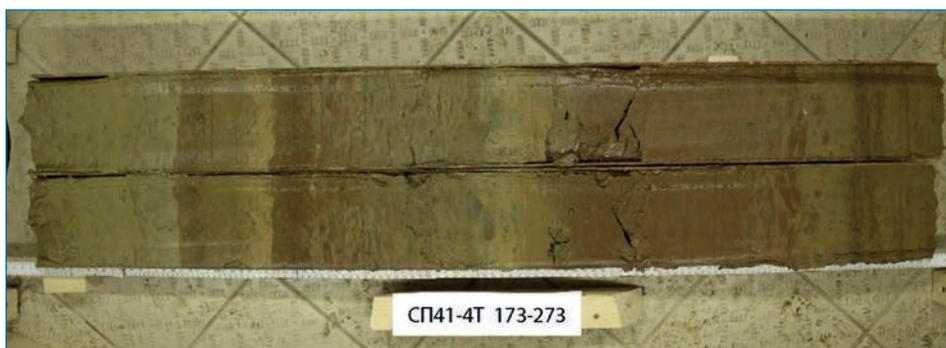


Рис. 4. Фрагмент колонки, отобранной при помощи гравитационной трубки

Рис. 5. Пример смерслайда в процессе изготовления



Из основных слоев отбирался материал для изготовления смерслайдов (рис. 5), которые изучались в петрографическом микроскопе (рис. 6). В журнале описывались размер зерен, минеральный состав и микропалеонтологические включения.

Из ключевых опорных колонок делались отмытки песчано-псефитовых фракций для их изучения с помощью бинокля. Описывался минеральный состав зерен, их окатанность и микропалеонтологические включения.

При необходимости получения ненарушенных проб из поверхностного наилка пробоотбор осуществлялся с помощью бокс-корера.

Если обнаруживались аутигенные минералы, то они извлекались из осадка, описывались, фотографировались и консервировались для последующих исследований в стационарной лаборатории.

Терригенный псефитовый материал также описывался (петрография, форма, окатанность) и собирался для последующих детальных петрографических исследований в Санкт-Петербурге.

На основании подробной литологической характеристики разрезов была дана предварительная оценка возраста отобранных осадков путем сопоставления с литологическим строением датированных ранее колонок и проведена литостратиграфическая корреляция выделенных слоев на пути дрейфа судна.

Состав грубой фракции осадков хребта Ломоносова в районе 83° с. ш. изучен на примере колонок 16Т и 23Т (рис. 7 и 8). В большинстве проб преобладают светлые минералы (кварц, полевые шпаты), также материал сложен темными минералами, слюдами, обломками пород, углем, оранжевыми агрегатами, аутигенными образованиями — черными стяжениями, возможно сульфидными, и железомарганцевыми корками и конкрециями (ЖМК),

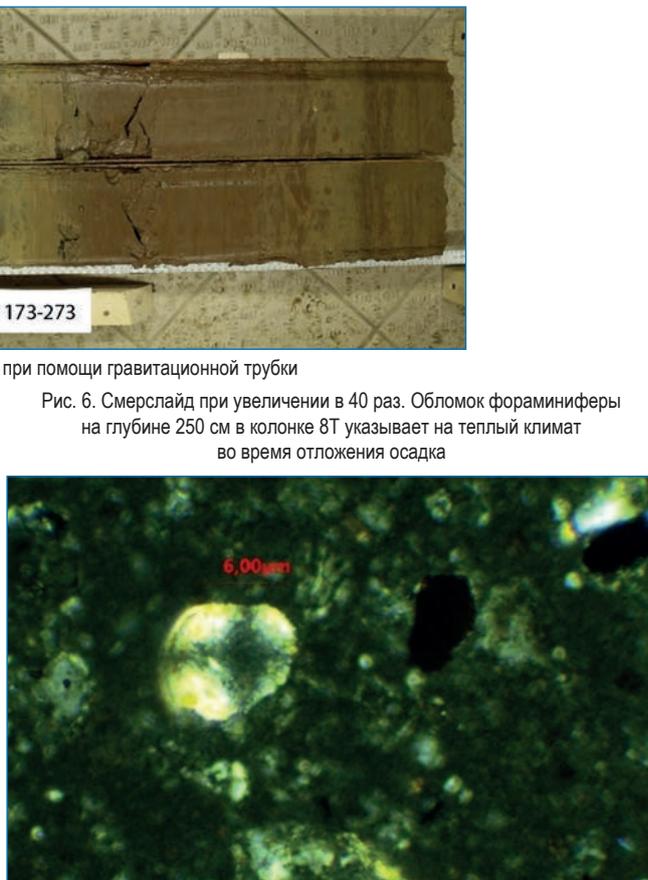


Рис. 6. Смерслайд при увеличении в 40 раз. Обломок фораминиферы на глубине 250 см в колонке 8Т указывает на теплый климат во время отложения осадка

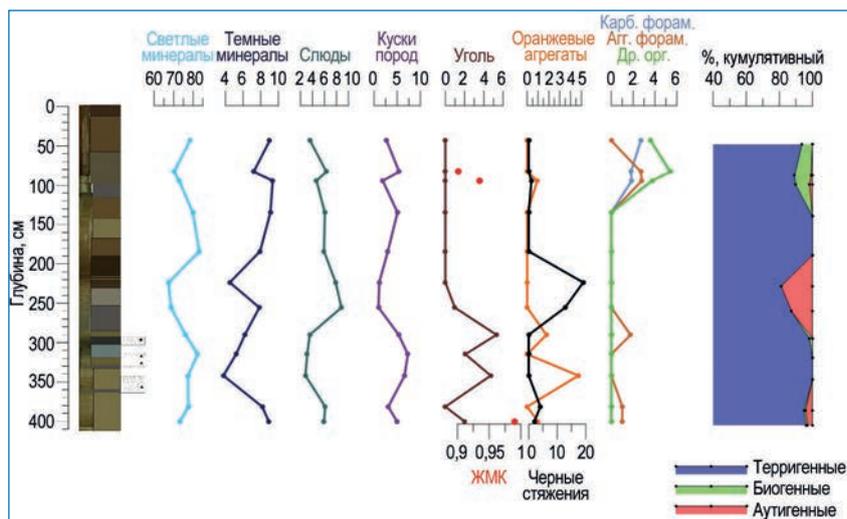


Рис. 7. Содержание основных компонентов грубой фракции осадка в колонке 16Т

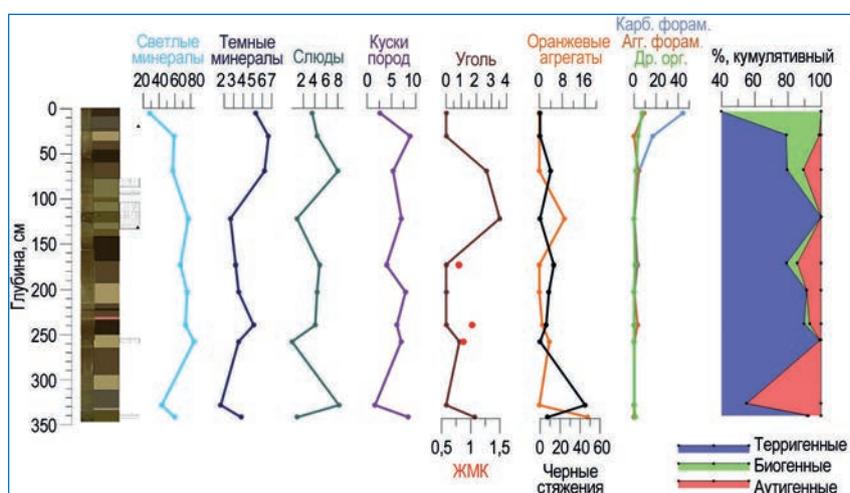


Рис. 8. Содержание основных компонентов грубой фракции осадка в колонке 23Т

а также биогенными компонентами — фораминиферами в карбонатном и агглютинированном виде и другими менее активно представленными органическими частицами типа игл морских ежей, раковин двусторчатых моллюсков.

Можно отметить, что в верхней части обеих колонок заметно увеличивается содержание биогенных компонентов, при этом в колонке 23Т, расположенной на вершине хребта, содержание выше, чем в 16Т, отобранной на западном склоне. Также интересны пики аутигенных компонентов, представленных черными стяжениями, на глубине 250–200 см в колонке 16Т и 350–300 см в колонке 23Т, в обоих случаях отмеченные в холодные стадии согласно предварительной возрастной модели.

По сравнению с осадками, взятыми южнее, в колонке 45Т, отобранной в районе 86° с. ш., в 7 раз ниже содержание фораминифер и других органических компонентов, также содержится несколько меньше черных стяжений и оранжевых агрегатов. В то же время содержание темных минералов здесь в два раза выше, чем в колонке 23Т, наряду с углем и ЖМК. Характер распределения угля в колонках с юга и севера хребта при этом аналогичен — заметен один явный пик в грубозернистом слое.

Состав колонки 49Т, отобранной еще севернее (88° с. ш.) в верхней части западного склона хребта, отличается достаточно высоким содержанием остатков организмов, карбонатных и не только: фораминифер, полихет, мшанок. Здесь также гораздо чаще встречаются черные стяже-

ния и оранжевые агрегаты. Содержание же угля, темных минералов, ЖМК и кусков пород в этой колонке ниже по сравнению с 45Т. Тем не менее пик угля в слое, предположительно отражающем период ледниковья, сохраняется.

Извлечение газообразных компонентов из донных осадков и воды парофазным методом хэдспейс (headspace)

Образец донного осадка объемом 20 мл отбирался с помощью шприца с отрезанным фланцем из керна сразу после его разделения на две половины. Отобранный осадок помещался во флакон объемом 75 мл, содержащий 20 мл насыщенного раствора поваренной соли. Флакон закрывался резиновой пробкой, которая на специальном устройстве обжималась алюминиевым колпачком. Укупорка флакона осуществлялась с помощью настольного обжимного устройства ПОК-1. После этого флакон с осадком помещался в штатив перемешивающего устройства LOIP LS 210 и встряхивался в течение 12 ч при 300 об/мин для достижения равновесия в распределении газообразных компонентов между водной суспензией осадка и газовой фазой выполненного гелием зазора под крышкой виалы (headspace-пространство). По окончании инкубации паровую фазу, содержащую газообразные компоненты, высвобожденные из осадка, под затвором из насыщенного солевого раствора без барботажа, переносили в стеклянную виалу

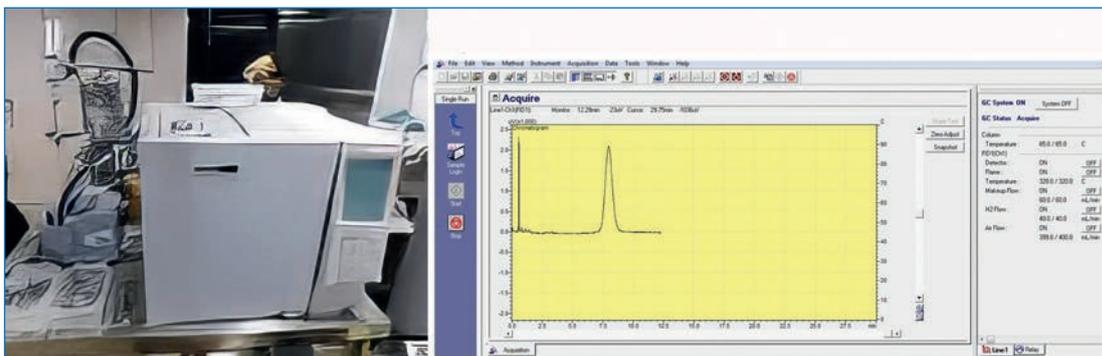


Рис. 9. Газовый хроматограф Shimadzu GC 2010, оснащенный пламенно-ионизационным детектором (ПИД) и многоходовым газовым краном (Valco) с вакуумируемой дозирующей петлей (слева), рабочая среда программы GC Solution (справа)

объемом 15 мл с последующей укупоркой резиновой пробкой и алюминиевым колпачком, обжимаемым укупорочным устройством ПОК-Ц.

Аналогичным образом производилось выделение газов из воды, только вместо осадка и солевого раствора во флакон помещалась проба воды.

Последующий анализ молекулярного состава газовой фазы осуществлялся методом газо-хроматографического (ГХ) анализа углеводородных газов состава С1–С5 на газовом хроматографе Shimadzu GC 2010 (рис. 9), оснащенный пламенно-ионизационными детекторами (ПИД) и насадочной колонкой длиной 3 м Al₂O₃ модифицированной NaOH фракции 50–80 меш, газ-носитель аргон (60 мл/мин). Ввод проб осуществляется с помощью многоходового газового крана (Valco) с вакуумируемой дозирующей петлей. Это обеспечивало высокую повторяемость результатов по сравнению с традиционным шприцевым способом ввода газовой пробы. Управление прибором и первичная обработка данных осуществлялись с помощью программного обеспечения GC Solution Ver. 2.3. Идентификация и расчет концентрации определяемых компонентов в единицах объемных долей (ppm) производились методом внешних стандартов. Концентрации вычислялись аппаратно, по формуле $C = k \cdot S$, где C — концентрация компонента, k — коэффициент чувствительности, равный tg угла наклона градуировочной кривой, S — площадь хроматографического пика. Для построения градуировочной кривой использовалась поверочная газовая смесь (ПГС) состава: $C_2H_6 + C_3H_8 + i-C_4H_{10} + C_4H_{10} + C_2H_4 + CH_4 + i-C_4H_8 + C_3H_4 + n-C_4H_8 + i-C_5H_{12} + C_5H_{10}$ (ГЭТ 154-2001 (ГОСТ 8.578-2002)).

В качестве примера на рис. 10 представлена хроматограмма и результаты ее обработки (см. табл.) для репрезентативного образца СП-41_8Т_164-166. Конеч-

ные данные будут представлены в единицах ppm и ppb в равновесной паровой фазе образцов донных осадков и воды, приготовленных в стандартизованных условиях (20 мл осадка, 20 мл рабочей жидкости (воды), 25 мл газового зазора (хэдспейс), или 40 мл исследуемой воды). Предел обнаружения метода составляет 2 ppb (для этана) исходя из отношения сигнал/шум 3:1. Ошибка измерения не превышает 15 %.

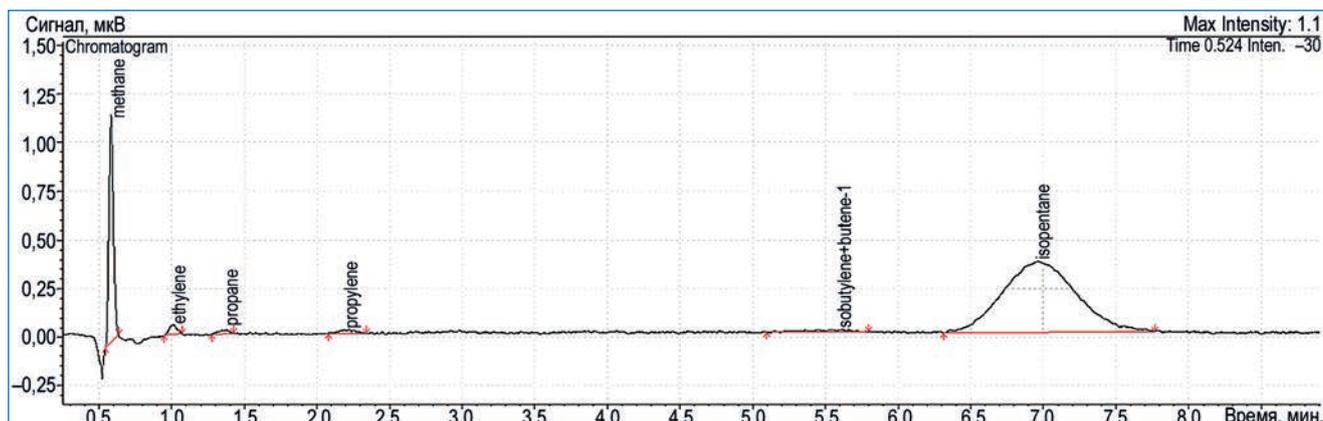
Таблица

Результаты обработки хроматограммы репрезентативного образца СП-41_8Т_164-166

Формула углеводородного газа	Название углеводородного газа	Концентрация, ppb V
CH ₄	Метан	15,174
C ₂ H ₆	Этан	n/o
C ₂ H ₄	Этилен	0,653
C ₃ H ₈	Пропан	0,208
C ₃ H ₆	Пропилен	0,348
i-C ₄ H ₁₀	Изобутан	n/o
n-C ₄ H ₈ +i-C ₄ H ₈	н-Бутилен + Изобутилен	0,474
n-C ₄ H ₁₀	Бутан	n/o
i-C ₅ H ₁₂	Изопентан	17,125
n-C ₅ H ₁₂	Пентан	n/o

В случае обнаружения относительно высоких концентраций углеводородных газов (прежде всего метана) в образцах газовой фазы проводилась консервация образца, далее в лаборатории отдела литологии и геохимии ВНИИОкеангеология будет задействована система криоконцентрирования газов в жидком азоте. Это позволит осуществить анализ стабильных изотопов углерода

Рис. 10. Хроматограмма репрезентативного образца СП-41_8Т_164-166



и водорода в метане ($\delta^{13}\text{C}$, δD) в пробах с исходными концентрациями $\text{CH}_4 > 2$ ppm, что представляет большой интерес для изучения изотопного фракционирования в ходе миграции метана к поверхности морского дна в зоне современного диагенеза.

Отбор проб и анализ поровой воды из донных осадков

Из донных отложений отбирались пробы поровой воды. Отжим вод осуществлялся с помощью центрифугирования. Супернатанты пропускались через фильтры GF/F (Watman, 0,45 μm).

Для изучения геохимических процессов в зоне миграции/генерации/окисления метана большой интерес представляет распределение концентраций биохимически активных ионов, которые маркируют геохимические интерфейсы раннего диагенеза. Окисление метана до диоксида углерода, сопряженное с восстановлением сульфата до сульфида, формирует метан-сульфат-транзитную зону (СМТЗ). Глубина подповерхностного залегания СМТЗ и кривые/градиенты вертикального распределения сульфата метана, растворенных карбонатов, сульфата, хлорида информируют о динамике метанового сипинга и его происхождении.

Измерение ионного состава проб поровой воды будет выполнено на ионном хроматографе во ВНИИОкеангеология.

Лиофильное высушивание образцов и органо-геохимические исследования

Образцы из наиболее важных ключевых колонок были заморожены для лиофильного высушивания.

Изучение состава n-алканов и изопреноидов в лиофильно-сухих пробах донных осадков на базе отдела литологии и геохимии позволит определить состав органических веществ (ОВ) (аллохтонное/автохтонное), охарактеризовать обстановку осадконакопления в раннем диагенезе и зафиксировать разгрузку/переотложение термически зрелого ОВ. Эта информация исключительно важна для интерпретации современных геологических процессов в донных осадках.

Для жидкостной экстракции в лаборатории отдела литологии и геохимии ВНИИОкеангеология будет задействована автоматическая система Soxterm SOX 16. Экстракты будут упарены на роторном испарителе. Газохроматографический анализ будет выполнен при помощи Shimadzu GC 2014, оснащенного автоинжектором Shimadzu AOS 20i, капиллярной колонкой Machinery Nagel Optima-1 (0,25 mm, 30 m) и пламенно-ионизационным детектором (ПИД). Газ-носитель — гелий (1,5 мл/мин).

Геологические и геохимические исследования льдов

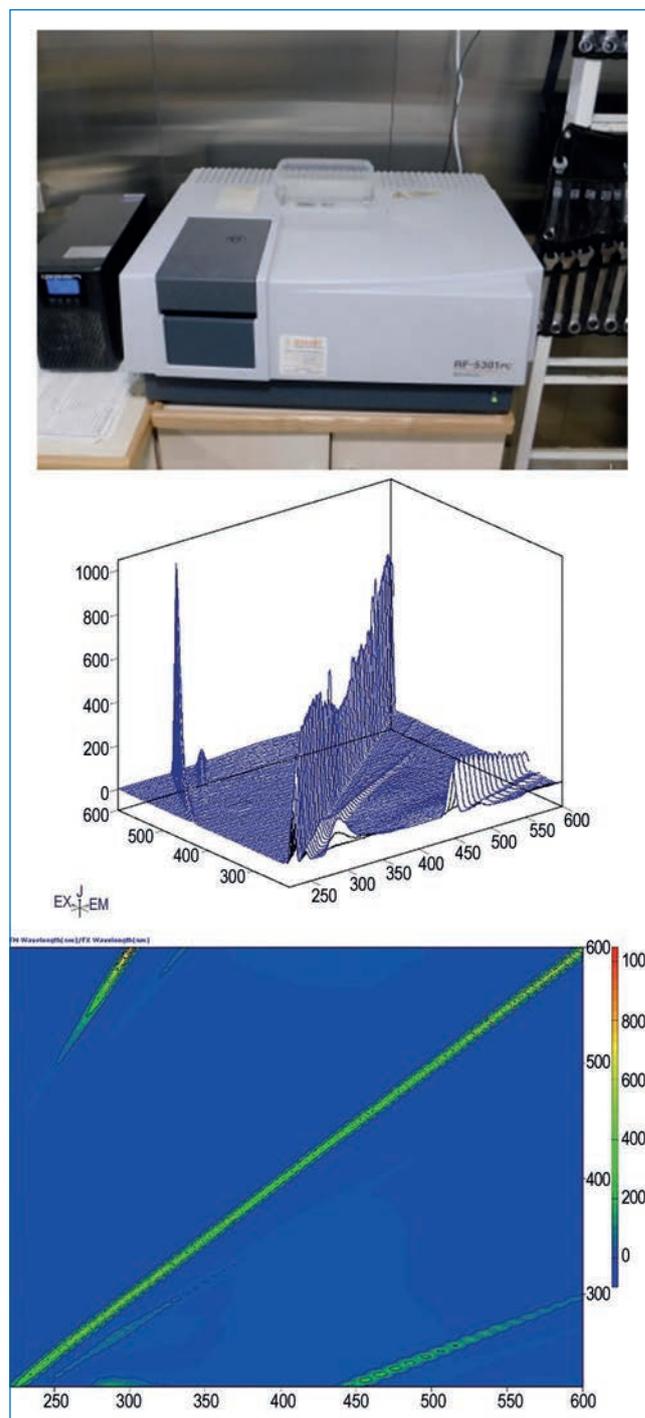
По пути дрейфа НЭС проводился отбор и газо-геохимическое опробование образцов так называемого «грязного» льда. Наиболее эффективным парниковым газом является метан, и в зонах фокусированной разгрузки углеводородных флюидов он может достигать нижней поверхности льдов и консервироваться. Извлечение газов из льда осуществлялось на борту судна методом хэдспейс.

Морской лед является важным резервуаром углерода в олиготрофных арктических водах. Высвобождение углерода, аккумулированного в толще льда, контролируется сезонной динамикой, а основная часть лабильного углерода, быстро вступающего в современный цикл угле-

рода (конечные продукты — CO_2 , CH_4), связана с растворенной формой (dissolved organic carbon, DOC). В этой связи изучение пространственного распределения DOC в морских льдах комбинируется с изучением молекулярно-группового состава растворенного органического вещества (dissolved organic matter, DOM) методом матричной 3D спектрофлуориметрии (excitation-emission matrix, EEM). Это позволило выявить лабильную составляющую ОВ морских льдов и приблизительно определить связанный с ней суммарный пул углерода.

Спектрофлуориметрические измерения молекулярно-группового состава DOM проводятся на борту НЭС «Северный полюс» на спектрофлуориметре

Рис. 11. Спектрофлуориметр Shimadzu RF-5301 PC (сверху), 3D-спектры флуоресценции в режиме top-view (внизу) и в ортогональной проекции (по центру)



Shimadzu RF-5301 PC (рис. 11), оснащенный ксеноновой лампой высокого давления. Диапазон трехмерного спектрального сканирования (ЕЕМ) составят 220–600 нм с шагом 5 нм для длин волн возбуждения (Excitation, Ex) и 1 нм для длин волн эмиссии. Для каждого полученного ЕЕМ спектра применяется спектральная коррекция, устранение эффекта внутреннего фильтра, вычитания «бланка» (спектра чистой воды), удаление пиков рассеяния Рэля–Тиндаля и Рамана. Скорректированные матрицы спектральных данных будут использованы для математического моделирования методом параллельного факторного анализа (PARAFAC) с применением программных продуктов (dEEM, fluorDOM), разработанных специально для анализа группового состава растворенных органических веществ в образцах природной воды.

Палеомагнитные исследования донных осадков

Так как определение возраста донных отложений в глубоководной части Северного Ледовитого океана является нетривиальной задачей, усложняемой из-за бедности осадка биологическим материалом и применимости радиоуглеродного метода только в пределах верхней части разреза, большое значение для палеогеографических реконструкций приобретают палеомагнитные исследования донных осадков.

Отбор образцов на палеомагнитные исследования проводился сплошным образом при помощи длинномерных пробоотборников (u-channel) из немагнитного материала. Образцы отбирались из ненарушенного осадка с сохранением одинаковой горизонтальной

ориентировки для всех секций колонки. Одно из преимуществ отбора длинномерными пробоотборниками u-channel — это высокая скорость исследований, разрешение которых может достигать 0,5–1,0 см. Отобранные образцы хранятся в специальном контейнере при температуре +4...5 °С.

До отбора образцов измерялась магнитная восприимчивость по ненарушенной поверхности осадка при помощи каппаметра MS2E, Bartington. Эти измерения проводились сразу после опробования колонок, что позволяло получать первые данные для корреляции непосредственно в поле.

Палеомагнитные исследования естественной остаточной намагниченности (NRM) с ступенчатым размагничиванием переменным магнитным полем будут проводиться с использованием СКВИД-магнитометра SRM-755 (Ресурсный центр научного парка Санкт-Петербургского государственного университета) с последующей обработкой полученных данных для выявления характеристической компоненты остаточной намагниченности (ChRM) с оценочным параметром качества полученных данных, максимальным угловым отклонением (MAD). Основой магнитостратиграфической корреляции донных осадков является магнитостратиграфическая шкала. Реперными горизонтами для четвертичного периода являются экскурсы геомагнитного поля в хроне Брюнес (до 0,773 млн лет назад), граница смены полярности геомагнитного поля с прямой на обратную, Брюнес/Матуяма (0,773 млн лет назад), субхроны (Харамильо, Олдувэй и т. п.) в хроне Матуяма (до 2,595 млн лет назад). Исследования анизотропии магнитной восприимчивости (AMS) позволит получить дополнительные характеристики обстановки и характера осадконакопления.

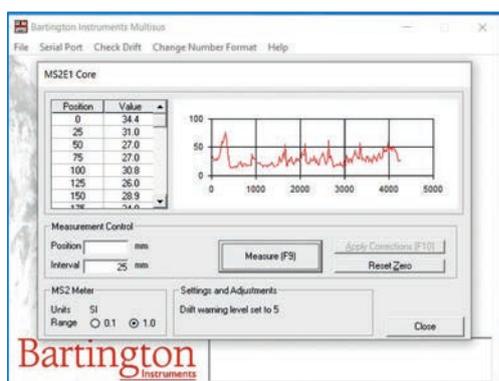
Также для изучения магнитной минералогии (размер частиц, коэрцитивность, стабильность остаточной намагниченности, определение магнитной фракции) будут проводиться измерения опорных разрезов: получение идеальной остаточной намагниченности (ARM) и индукционной остаточной намагниченности (IRM) на длинномерных образцах, на дискретных — ступенчатое температурное размагничивание, а также с использованием небольшого количества неориентированного материала — исследование температурной зависимости магнитной восприимчивости (kT) при нагреве до 700 °С, измерения намагниченности насыщения при криогенных температурах, получение петель гистерезиса.

Геологические исследования коренных пород

Выходы коренных пород изучались на подводных хребтах, которые были пересечены в течение дрейфа. Хребты двух типов — с континентальным типом земной коры и с океаническим типом земной коры.

Первый тип — хребет Ломоносова. Коренные породы обнажаются здесь только на крутых эскарпах, пересечение которых можно считать большой удачей. Второй тип — хребет Гаккеля, в пределах которого формируется океаническая кора. Он сложен преимущественно перидотитами, что является необычным для спрединговых хребтов. В связи с тем, что все попытки драгирования оказались, в той или иной степени, нерезультативными, был проведен анализ этих неудач и сделаны следующие выводы.

1. При драгировании хребта Ломоносова следует ориентироваться на батиметрические данные, которые в районе дрейфа являются весьма приблизительными.



Рабочая среда программы Bartington Instruments Multisus

Измерение магнитной восприимчивости донных осадков каппаметром MS2E, Bartington в полевых условиях.



Соответственно, приходится ориентироваться на показания бортового профилографа. Но дело в том, что на экране профилографа отображается тот рельеф, который мы проходим в данный момент дрейфа. Поскольку коренные породы на хребте Ломоносова обнажаются на крутых склонах, то попадание драгой на эти склоны является сложной задачей. Для ее решения требуется выполнение следующих условий:

- 1) установить на НЭС «Северный полюс» многолучевой эхолот для отрисовки реального рельефа дна;
- 2) при пересечении перспективных для драгирования участков следует, ориентируясь на карту глубин, показания профилографа и многолучевого эхолота, заранее вывесить пробоотборный снаряд (драгу) за борт и опустить его на глубину, позволяющую начать драгирование в нужной точке, — это необходимо для того, чтобы сократить до минимума время спусковой операции и не пропустить перспективный для драгирования участок;
- 3) для предотвращения выхолаживания ангара для научных исследований во время спуско-подъемных операций установить тепловую завесу в районе транцевого закрытия.

2. При драгировании хребта Гаккеля необходимо понимать, что его структура резко отличается от хребта Ломоносова. Для хребта Гаккеля характерны осадочные долины и резкие скальные поднятия. В связи с этим, учитывая нелинейность дрейфа, а также сложность рельефа, следует внимательно относиться к выбору начала точки драгирования и выбирать минимальную протяженность трека.

В результате опытно-методических испытаний в рейсе СП-41 мы получили следующие результаты:

1. Драгирование коренных пород в условиях ледового дрейфа является эффективным только при движении «на склон».
2. Поскольку, в отличие от драгирования на открытой воде, нет возможности управлять судном и вернуться в точку начала драгирования, для минимизации рисков обрыва троса следует ограничиваться небольшими участками протяженностью не более 300 м.
3. Обязательно ставить «слабое звено» между концом троса и драгой (рис. 12).

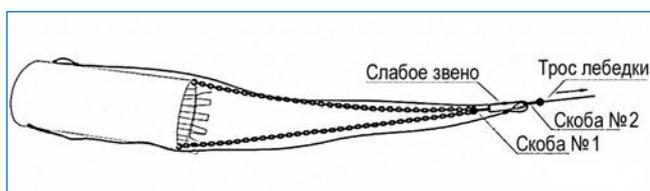


Рис. 12. Схема драгирования с применением «слабого звена»

4. Учитывая, что глубины в районах, подходящих для драгирования, составляют 2000–3500 м и, соответственно, только спуск инструмента занимает 1–1,5 ч, не считая подготовительных операций, уместно было бы, ориентируясь на данные батиметрии, заранее опустить драгу на глубину в пределах 200–300 м до дна и двигаться в таком режиме до начала участка драгирования. Но это возможно только при температурах не ниже -10°C либо при устройстве в районе кормы воздушной «тепловой завесы».

5. Использовать при драгировании трос наибольшего диаметра.

Тяговая цепь драги через скобу № 1 соединяется со слабым звеном, которое представляет собой кольцо толщиной 5 мм, сплетенное из 4 прядей стального троса,

используемого на лебедке. Испытания «слабого звена» на разрыв, проведенные с помощью гидравлического домкрата, показали разрывное усилие не более 25 Кн, что значительно меньше разрывного усилия основного троса. Скоба № 2, в свою очередь, соединяет «слабое звено» с тросом лебедки. В задней части драги закреплены два троса диаметром 10 мм, которые со «слабой» соединяются со скобой № 2. В случае застревания зубьев драги в коренных породах на дне происходит разрыв «слабого звена». Тросы при этом принимают на себя тягу лебедки, переворачивают драгу и выводят ее из зацепа.

Полученные образцы будут изучаться в стационарных лабораториях: петрографические, геохимические и изотопные анализы.

Споро-пыльцевые исследования

Из колонок донных отложений мощностью более 1 м, в которых при литологическом описании выделялись различные по структуре и текстуре осадка слои и отсутствовали следы размыва, отбирались пробы для спорово-пыльцевого анализа. Пробы отбирались с шагом не более 3 см и в соответствии с литологическими границами, масса каждого образца — 20–30 г. Чтобы избежать загрязнения образцов и контролировать требуемый для анализа объем осадка, при отборе проб использовались шприцы объемом 5–10 мл.

Спорово-пыльцевой анализ морских отложений характеризует крупные региональные изменения в составе растительных сообществ прилегающей суши. На основе полученных результатов можно судить о палеоклиматических изменениях. При низких скоростях осадконакопления с помощью спорово-пыльцевого анализа представляется возможным выделить границы переходов между межледниковыми условиями и ледниковыми эпохами и дать дополнительную характеристику теплым интервалам. Удаленность места отбора от крупных массивов суши значительно снижает содержание пыльцы в осадках и увеличивает территорию, с которой пыльцевые зерна могли переноситься. Содержание пыльцы в глубоководных колонках было предельно низким, однако наличие пыльцевых зерен может говорить о высокой продуктивности растительных сообществ на территории прилегающей суши, а также об активном разносе зерен, который происходит в теплые климатические периоды.

Биостратиграфические исследования

Пробы для исследования фораминифер (планктонных и бентосных) отбираются из ключевых колонок непрерывно по разрезу. Чтобы избежать загрязнения образцов и контролировать требуемый для анализа объем осадка, при отборе проб использовались шприцы объемом 5–10 мл. Последующий их анализ будет проводиться в стационарной лаборатории.

*Е.А. Попова, В.А. Богин, С.А. Малышев,
Г.И. Ованесян, А.О. Карташев (ВНИИОкеангеология),
С.М. Ковалев (АНИИ)*