

Экспедиции

© М.Ю.Шкатов, О.Ю.Корнеев, 2013

ОАО «Севморгео»

korneev@sevmorgeo.com

Комплексные геолого-геофизические исследования континентальной природы поднятия Менделеева в ходе экспедиции Роснедр «Арктика-2012»

Излагаются основные этапы в подготовке и проведении экспедиции, а также полученные результаты в ходе камеральной обработки на борту ледокола и на берегу. Показано, что впервые в мире в данной части Северного Ледовитого океана пробурены коренные породы палеозойского возраста отечественным буровым станком донного базирования, а также выполнены глубинные сейсмические исследования с помощью донных станций на широтах более 77°с.ш. (оба типа оборудования были произведены в ОАО «Севморгео»). Впервые в России для обнаружения эскарпов дне были использованы научно-исследовательские подводные лодки ВМФ.

История вопроса. МПР России совместно с Министерством обороны на основании Конвенции ООН по морскому праву и во исполнение Постановления Правительства РФ от 16 июня 1997 г. № 717 и Распоряжения Правительства РФ от 24 марта 2000 г. №144-р России подготовили Представление (заявку) по внешней границе континентального шельфа РФ в Северном Ледовитом и Тихом океанах. МИД России направил заявку Генеральному Секретарю ООН 18 декабря 2001 г. 20 декабря 2001 г. российское Представление было принято Секретариатом ООН, признано соответствующим предъявляемым требованиям, опубликовано на сайте ООН и передано для рассмотрения на X сессии Комиссии по границам континентального шельфа (25 марта–12 апреля 2002 г.). Таким образом, Россия в рамках Конвенции заявила свое право на включение в юридический континентальный шельф РФ в Северном Ледовитом океане участка морского дна, включающего в себя хр.Ломоносова и поднятие Менделеева вплоть до Северного полюса.

Однако при рассмотрении Комиссией Представления России выявилась необходимость предоставления дополнительных материалов, обосновывающих построение линий внешней границы континентального шельфа (ВГКШ) в Северном Ледовитом и Тихом океанах. В соответствии с регламентом работы Подкомиссии Российская сторона представила дополнительные материалы к 15 мая 2002 г.

Итоговый текст официальных рекомендаций Комиссии по границам континентального шельфа на русском и английском языках относительно представленной Россией Заявки был опубликован 14 июня 2002 г. Замечания и рекомендации Комиссии по части VI «Центральная часть Северного Ледовитого океана» российского Представления практически полностью сфокусированы на вопросах геологической и тектонической природы подводных поднятий Альфа-Менделеева и Ломоносова. Так, в п.134 Рекомендаций указано: «В результате оценки представленных материалов и анализа соответствующей литературы Комиссия считает, что при существующем уровне знаний хр.Менделеева может в терминах Конвенции быть классифицирован только как океанический хребет на глубоководном океанском дне. Недостаток значимых геологических и геофизических данных, касающихся возраста, литологического характера и стратигра-

фии акустического фундамента не позволяет в настоящее время осуществить любое иное определение принадлежности (хр.Менделеева) в соответствии с Конвенцией». Таким образом, России было предложено предоставить более обоснованные материалы как по геологическим, так и геофизическим исследованиям в данных районах.

С учетом этих рекомендаций Федеральное агентство по недропользованию в период 2005–2009 гг. организовало комплексные геолого-геофизические исследования на поднятии Менделеева, хр.Ломоносова и в зонах их сочленения с Евразийским шельфом. Однако в этот период были проведены сейсмические исследования глубинного строения недр только с использованием отдельного сейсмического зондирования со льда, которое не позволило детально и непрерывно «осветить» верхнюю часть осадочного чехла, а также не бурились коренные породы.

Для устранения вышеперечисленных недостатков и замечаний был разработан План мероприятий по дополнительному обоснованию внешней границы континентального шельфа РФ на 2009–2013 гг., утвержденный приказом (427/1461 от 29.12.2009 г.) Минприроды России и Минобороны России.

В соответствии с данным Планом Роснедра организовало три последовательные ежегодные комплексные экспедиции. В 2010 г. ОАО «Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт» выполнил батиметрические исследования при помощи многолучевого эхолота, специально вмонтированного в корпус НЭС «Академик Федоров», а ФГУП «ВНИИОкеангеология» осуществила наледное сейсмическое зондирование с вертолета, базировавшегося на данном НЭС. В 2011 г. были продолжены батиметрические и начаты сейсмические исследования методом отраженных волн с помощью короткой (600 м) сейсмической косы (английская компания «WGP») и сейсмические зондирования с помощью плавающих гидрофонов (ФГУНПП «Севморгео»). Исследования 2010–2011 гг. проводились в центральной части Северного Ледовитого океана и на хр.Ломоносова, а обеспечивались при помощи атомных ледоколов. В 2012 г. были выполнены сейсмические (английская компания «WGP») и геологические (ОАО «Севморгео» и ФГУП «ВНИИОкеангеология») исследования непосредственно на поднятии Менделеева, описанию которых и посвящена данная статья.

Подготовка экспедиции. Главным отличием экспедиции «Арктика-2012» от всех предыдущих исследований в Северном Ледовитом океане являлась задача по выполнению донного бурения коренных пород на эскарпах (обнажение на поверхности дна (склоне) коренных (древних) пород осадочного чехла или кристаллического фундамента).

Метод донного бурения на стадии постановки конкурса, – связанный с производством работ в Северном Ледовитом океане, был выбран с учетом его существенно меньшей стоимости по сравнению с использованием специального бурового судна и двух атомных ледоколов для обеспечения возможности бурения. С учетом того что производством установок донного бурения и их использованием для бурения в России занимается только ОАО «Севморгео», организация проведения экспедиции «Арктика-2012» на конкурсной основе была возложена на данное предприятие.

Первой проблемой при подготовке к экспедиции было то, что существующий в ОАО «Севморгео» донный буровой станок ГБУ-1 (бурение на 1 м) был специально разработан для бурения кобальто-марганцевых корок в Тихом океане, толщина которых не превышает 1 м. Для бурения керна такой длины достаточно использование комплекта аккумуляторов, установленных на самом станке. Для бурения же керна длиной 2 м на глубинах моря около 3 км емкости аккумуляторов уже не хватает. В связи с этим специально для бурения на эскарпах в экспедиции «Арктика-2012» в ОАО «Севморгео» был разработан новый экспериментальный буровой станок ГБУ-2. Принципиальным отличием данного варианта является подача силового напряжения на буровой станок по кабель-тросу с судна, при этом данный подход в океане был реализован в России впервые.

Второй проблемой, но не менее важной, чем первая, являлось обеспечение возможности нахождения эскарпов. С учетом слабой геологической и сейсмической изученности поднятия Менделеева не только факт расположения самих эскарпов, но даже их наличие являлся большой загадкой. С учетом этого руководство ОАО «Севморгео» перед началом экспедиции провело ряд совещаний с ведущими геологическими организациями страны, занимающимися геологическим изучением дна океанов. После долгих дискуссий на поднятии Менделеева были определены участки дна на глубинах от 1500 до 3000 м, где можно было ожидать в результате поиска обнаружение эскарпов. При этом ВСЕГЕИ и ВНИИОкеангеология составили свои версии вероятных местоположений данных участков.

Для поиска эскарпов руководство ОАО «Севморгео» предложило неординарный подход: использовать для этого научно-исследовательские подводные лодки Главного управления глубоководных исследований Министерства обороны (ГУГИ МО). Благодаря поддержке этой идеи руководством Минприроды и Роснедр она была претворена в жизнь.

Также одной из больших проблем в период подготовки экспедиции был выбор необходимых судов. С учетом бюджета экспедиции не представлялось возможным арендовать атомный ледокол для обеспечения проводки судна с сейсмической косой и выполнения бурения, как это было в 2011 г. В результате достаточно длительного анализа разных вариантов аренды различных типов ледоколов и предполагаемой ледовой обстановки в районе работ было принято решение об использовании в экспедиции двух дизельных ледоколов ФГУП «Росморпорта»: ДЭЛ «Капитан Драницын» (водоизмещение 15 000 т, длина 131 м) и ДЭЛ «Диксон» (водоизмещение 6200 т, длина 89 м) (ледоколы были построены по заказу СССР в Финляндии в начале 1980-х годов по близким друг к другу проектам).

Для выполнения сейсмических работ был выбран ДЭЛ «Диксон», существенно переоборудованный в норвежском порту Киркинес для размещения сейсмического оборудования (срезана вертолетная площадка, часть надстроек и переделана кормовая палуба).

Ввиду отсутствия на корме ледокола «Капитан Драницын» подъемных устройств, способных поднять и вывести за борт буровой станок весом 3 т и телефотогрейфер, на данный ледокол были установлены специально арендованный для этих целей в Германии кран-манипулятор, а также буровая гидравлическая лебедка (пр-во Россия).

Проведение экспедиции. Когда все проблемы с подготовкой экспедиции были успешно решены, на борт ледоколов прибыли члены экспедиции: на ДЭЛ «Диксон» 24 июля в порт Киркинес – 24 чел., на ДЭЛ «Капитан Драницын» 30 июля в порт Мурманск – 50 чел., среди которых было три доктора и четыре кандидата наук.

Оба ледокола вышли в море из порта Киркинес после завершения переоборудования 10 августа 2012 г. Перед выходом в море была принята ледовая обстановка в районе работ и на подходах к нему (рис.1).

Как видно из рисунка, весь район работ был закрыт льдами, но все же экспедиция началась. Как показали дальнейшие наблюдения за ледяным покровом, при помощи спутниковых данных Бременского университета (Германия) и Ледового центра США ледовая обстановка по мере приближения ледоколов к району работ постоянно улучшалась. Так, к моменту прибытия ледоколов в район работ 16 августа его южная часть была практически свободна от отдельно плавающих льдин.

По плану работ предстояло выполнить:

Этап 1. Проведение сейсмических работ. (Осуществлял ДЭЛ «Диксон» под ледовой проводкой ДЭЛ «Капитан Драницын»).

1. Метод отраженных волн (МОВ-ОГТ) – 2000 пог. км (сейсмокосой 600 м при наличии дрейфующих льдов или 4500 м при их отсутствии).

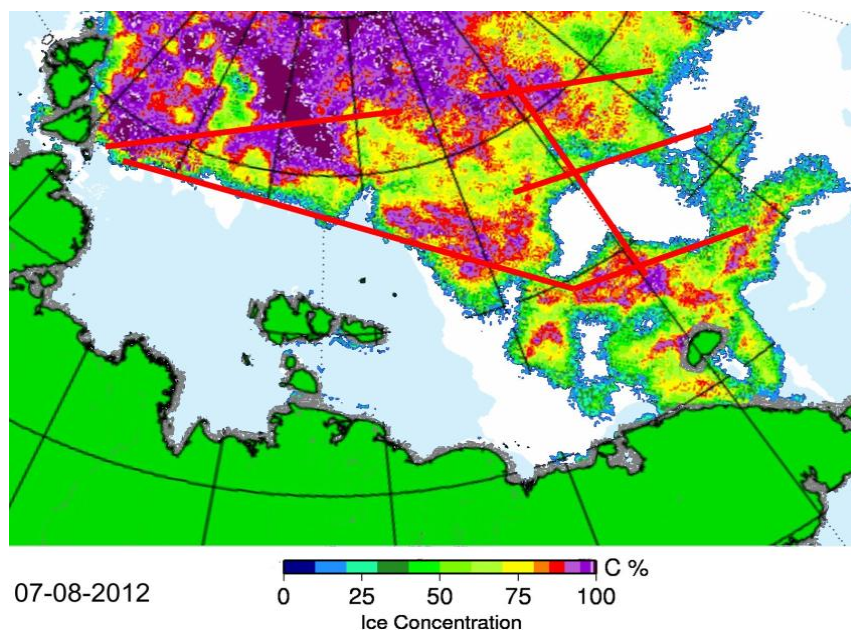


Рис.1. Ледовая обстановка в районе работ на 7 августа 2012 г.
(прямые линии – планируемые сейсмические профили).

2. Метод преломленных волн (МПВ) с плавающих буев-гидрофонов – 50 пунктов сейсмозондирования с поверхности воды.

3. Метод глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) при помощи донных сейсмических самовсплывающих станций – 400 пог.км (30 пунктов сейсмозондирования на дне).

Этап 2. Проведение геологических работ. (ДЭЛ «Капитан Драницын»).

1. Экспериментальное бурение – 10 кернов.

2. Пробоотбор донных отложений (гидростатическая трубка, драга, телегрейфер) – 10 станций.

3. Поиск и комплексное обследование эскарпов при помощи (научно-исследовательские подводные лодки):

- многолучевого эхолотирования;
- высокочастотного акустического профилирования дна;
- гидролокационного обследования дна;
- фототелевизионного обследования дна;
- отбора образцов пород.

Сейсмические исследования. Сейсмические исследования проводились с 10 августа по 28 сентября. Порядок отработки сейсмических профилей указан на рис.2.

Большой удачей сейсмических исследований МОВ-ОГТ является отработка крайне важного профиля длинной косой, а также проникновение с короткой косой по 180-му меридиану до широты $83^{\circ}15'$, севернее которой дрейфующие льды стали включать поля многолетних льдов, в результате чего пробиваемый ледовый канал стал забиваться большими обломками, что препятствовало безопасному использованию короткой сейсмической косы.

лодкой места постановки бурового станка. В результате с учетом формы склона эскарпа основными условиями подводной лодки при его нахождении и обследовании являлись:

- поиск горизонтального уступа с размерами как минимум 50 на 50 м;
- угол наклона грунта на уступе не должен превышать 15–20°;
- толщина рыхлых осадков над коренными породами не должна превышать 1 м.

Успехом сейсмических исследований методом МОВ-ОГТ было также получение сейсмического разреза на профиле 1 (рис.4), который позволил непрерывно проследить основные осадочные комплексы с шельфа Чукотского моря на поднятие Менделеева, обеспечив тем самым доказательство связи последнего с Сибирским шельфом, континентальная природа которого является неоспоримой. Как видно из рисунка, на поднятии Менделеева отчетливо видно искажение стратификации осадочного чехла на утоненной вулканическими интрузиями коре. Данная геологическая ситуация получила за рубежом название «High Arctic Latitude Igneous Province» (высокоширотная арктическая вулканическая провинция) и имеет сокращение HALIP. Но полученный сейсмический разрез свидетельствует о том, что это не вулканическая провинция, а континентальный шельф, содержащий вулканические интрузии. Поэтому основной задачей геохимических и изотопных исследований в камеральный период было определение возраста поднятых с эскарпов базальтов и других пород, т.е. выяснение времени и места их образования: на дне Северного Ледовитого океана или когда площадь, которую он занимает, была сушей. Этот вопрос является крайне актуальным, так как на соседнем Альфа-поднятии канадскими и американскими геологами были подняты базальты возрастом 60 млн лет, в результате чего им пришлось признать океаническую природу данного поднятия. Вполне понятно их желание признать такую же природу и на поднятии Менделеева.

Результаты фактически выполненных объемов сейсмических исследований методами МОВ-ОГТ и ГСЗ-МПВ представлены в табл.1.

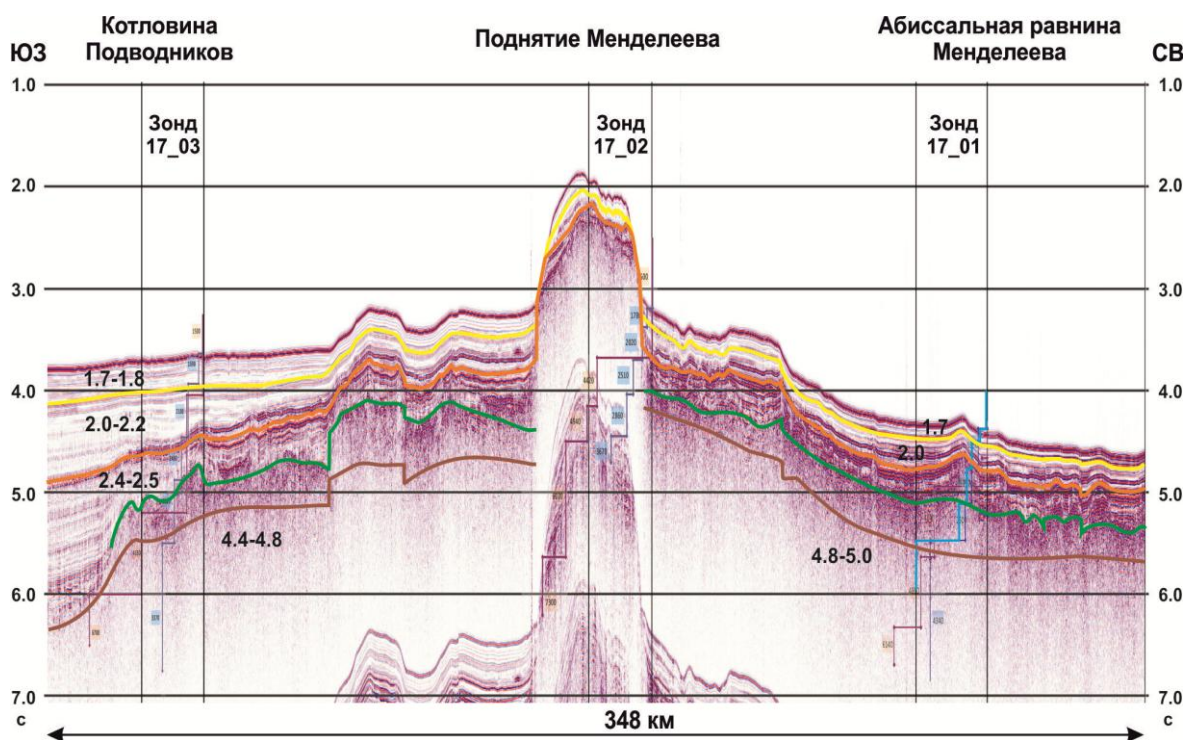


Рис.3. Сейсмический разрез по данным методов МОВ-ОГТ и ГСЗ-МПВ.

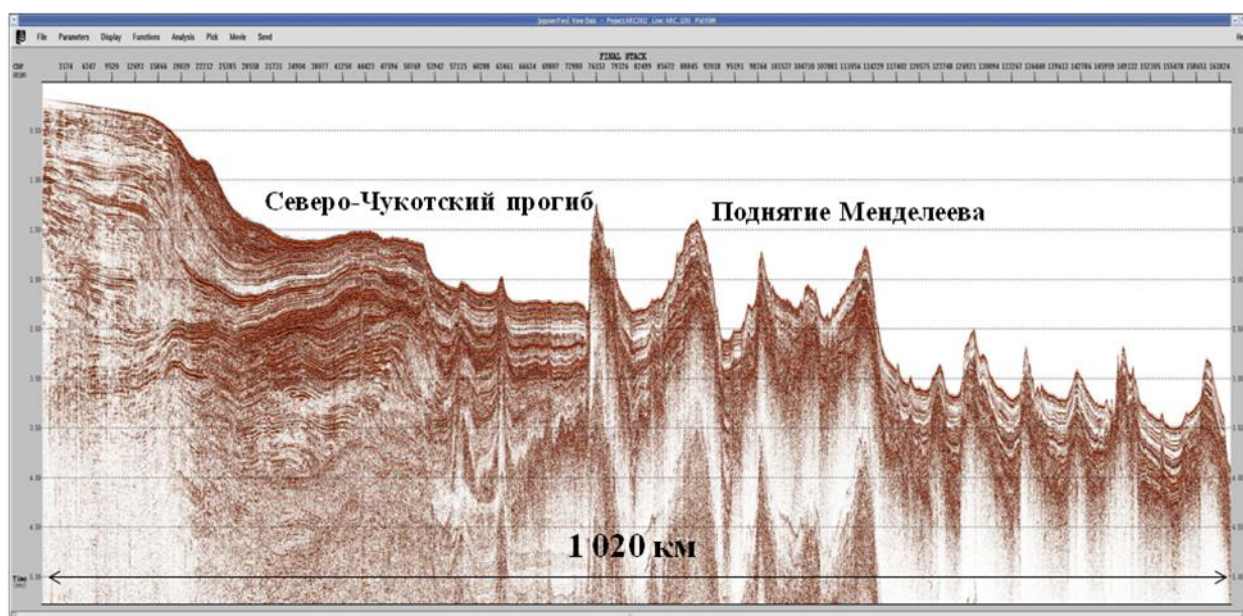


Рис.4. Сейсмический разрез на профиле (по меридиану 180°) к Северному полюсу.

Таблица 1

**Характеристика и объемы выполненных сейсмических исследований методами
МОВ-ОГТ и ГСЗ-МПВ в ходе экспедиции «Арктика-2012»**

№ п/п	Профиль	Длина, км	Кол-во зондов МПВ	Примечания
1	Попутный (ОГТ-16)	1360	2	796 км – с косой 4500 м, 570 км – с косой 600 м (перекрытие 6 км)
2	ОГТ-2	233	2	С косой 600 м
3	ОГТ-1	1020	23	То же
4	ОГТ-5	316	6	» »
5	Межгалсовый 5-4 (ОГТ-17)	348	3	» »
6	ОГТ-4	612	11	» »
7	Межгалсовый 4-3 (ОГТ-18)	280	3	» »
8	ОГТ-3	690		С косой 4500 м
9	Межгалсовый 3-6 (ОГТ-19)	456		То же
	Всего:	5315	50	1942 км – с косой 4500 м 3373 км – с косой 600 м

Как видно из табл.1, при плане в 2000 пог.км было выполнено 5315 пог.км, что определяется прежде всего большей продолжительностью работ по сравнению с планом из-за легких ледовых условий в районе работ ниже 80°с.ш. Пневмопушки, создающие сигнал возбуждения, периодически выходили из строя. Основной причиной отказа была низкая температура воды (до -1,8°С) и воздуха ($\pm 2^{\circ}\text{C}$), что приводило к появлению конденсата в системе компрессоров. С 24 сентября после окончания межгалсового профиля, выполненного с длинной косой, и перехода на короткую косу систему компрессоров в течение трех дней так и не удалось запустить, что и определило окончание сейсмических исследований.

Большим успехом сейсмических исследований при отсутствии сплошного ледяного покрова с 11 по 17 сентября являлась расстановка 30 донных станций на профиле на

протяжении 480 пог.км, а после отстрела – подъем 28 станций, что позволило впервые в мире получить информацию о глубинном строении Земли в районе 73–74° параллелей. Из поднятых 28 станций только на одной не было обнаружено записанной информации.

Геологические исследования. Геологические исследования проводились с 8 по 28 сентября, при этом с 8 по 24 сентября во взаимодействии с научно-исследовательскими подводными лодками (НИПЛ) ВМФ: большой – НИПЛ-1 и малой – НИПЛ-2. При этом в состав экипажа НИПЛ-2, предназначенной для работ на глубинах до 4 км, для обеспечения достоверной геологической интерпретации получаемых данных от многолучевого эхолота, гидролокатора бокового кругового обзора и телевизионной системы был включен член экспедиции геолог, канд. геол.-минер. наук Е.А.Гусев (ВНИИОкеангеология).

Основной целью геологических исследований было бурение коренных пород при помощи донного бурового станка ГБУ-2 (рис.6), а также отбор донно-каменного материала (ДКМ) на поверхности дна при помощи:

- телегрейфера ДГ-1.0 (производство ОАО «Севморгео»);
- скальной драги (ФГУП «ВНИИОкеангеология»);
- гидростатической грунтоотборной трубки (пр-во ОАО «Техморгео»);
- манипуляторов НИПЛ.

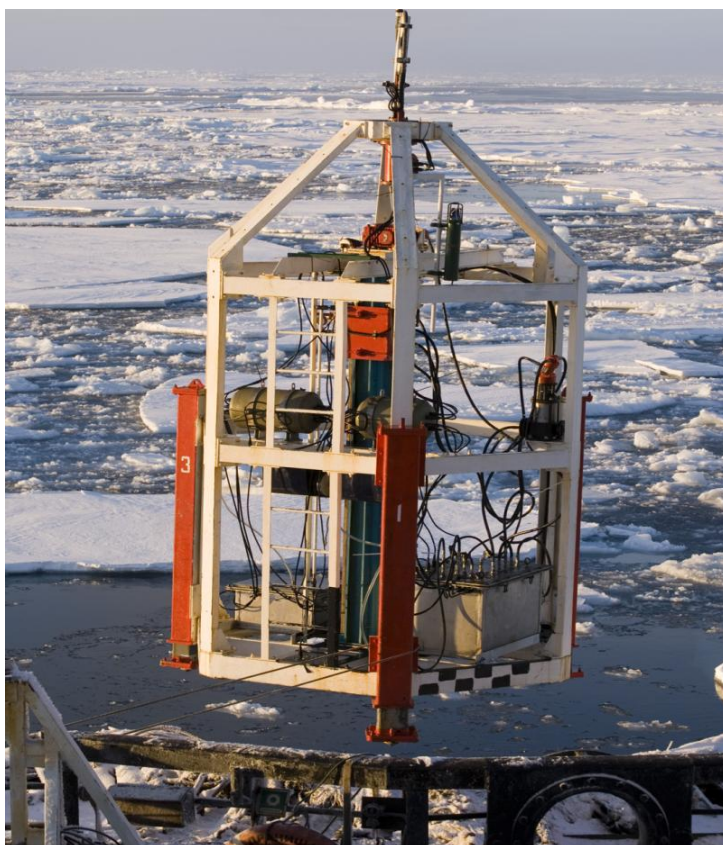


Рис.6. Донный буровой станок ГБУ-2 (пр-во ОАО «Севморгео»).

Необходимо отметить, что и в предыдущих отечественных и зарубежных геологических экспедициях проводился отбор ДКМ. Однако большинство зарубежных геологов, которых поддерживает один из основоположников морской геологии в России академик А.П.Лисицын, считают, что собранный ДКМ является следствием его выпадения (вытаивания) из айсбергов (ледниковый разнос) или из оторванного припая и речных льдов, поступающих в Северный Ледовитый океан (ледовый разнос). Именно поэтому Комиссия

ООН по границам континентального шельфа, крайне неохотно признает эндогенную (местную) природу происхождения ДКМ. С учетом данного обстоятельства и было принято решение о необходимости бурения коренных пород на эскарпах, а также отбора проб коренных пород манипулятором подводной лодки или грейфером в непосредственной близости от эскарпов, с обязательными фото и видеофиксацией процесса отбора.

С учетом того что основная роль в поиске эскарпов была отведена НИПЛ, для более четкого взаимодействия с ними на борту ледокола «Капитан Драницын» был развернут пост управления, в состав которого входили два Героя России – бывшие командиры данных НИПЛ. Для ведения переговоров с НИПЛ, находящихся в подводном положении, на ледоколе была развернута система «Бенши», которая позволяла как вести телефонные переговоры, так и обмениваться СМС-сообщениями.

8 сентября НИПЛ-1 всплыла в непосредственной близости от ледокола, и руководство экспедиции прибыло на ее борт для проведения обсуждения предстоящей программы, так как к этому времени на основании набортной обработки сейсмических данных уже были определены положение некоторых эскарпов и их структура. В результате обсуждения был выработан следующий порядок работы НИПЛ и ледокола:

- в район предполагаемого эскарпа следует НИПЛ-1 и проводит съемку дна многолучевым эхолотом на площади 10×10 км. После выявления на экране монитора наиболее характерных для эскарпа черт рельефа дна определяется глубина верхней части эскарпа и его координаты, что с помощью звукоподводной связи (ЗПС) передается на НИПЛ-2;

- после получения данного сообщения НИПЛ-2 входит в полигон на глубинах более 1000 м и подходит к предполагаемому месту эскарпа. Затем осуществляется погружение до таких глубин, чтобы до поверхности эскарпа было около 50–100 м, и проводится съемка поверхности дна при помощи гидролокатора кругового обзора и сейсмоакустического профилографа на площади 2×2 км. После выявления по данным гидролокатора наиболее подходящих форм рельефа на эскарпе (горизонтальный уступ с размерами минимум 50×50 м) и по профилографу – слоя рыхлых осадков толщиной менее 1 м, НИПЛ-2 опускается до предельно возможной глубины над выявленной площадкой и проводит ее обследование при помощи телевизионной системы для определения угла ее наклона (не более 20°) и засоренности большими обломками, затрудняющими постановку бурового станка. В результате данного обследования НИПЛ-2 должна проанализировать собранную информацию и передать на борт НИПЛ-1 и борт ледокола следующие сигналы: «Бурение», «Драга» или «Пусто». После получения любого из сигналов НИПЛ-1 покидает район работ и следует в другой район. Сигнал «Бурение» означает, что площадка под бурение найдена. Сигнал «Драга»: площадка под бурение не найдена, но имеется ДКМ, который можно собрать драгой; при этом в сообщении дополнительно указываются координаты начала и окончания драгирования. Сигнал «Пусто»: не обнаружено ни площадки под бурение, ни ДКМ, а рекомендуется бросить грунтоотборную трубку;

- НИПЛ-2, передав сигнал «Бурение», зависает над выбранной площадкой и ожидает прибытия в район ледокола для более точного определения местоположения площадки. Ледокол, прибыв в район, опускает за борт антенну подводной навигационной системы GAPS, сопряженную со спутниковой навигационной системой GPS, и определяет местоположение НИПЛ-2 по сигналам пингера, установленного на ней, с точностью до ± 10 м. После определения места НИПЛ-2 ледокол по ЗПС извещает ее об этом сигналом «Покинуть район». Покинув район, НИПЛ-2 извещает по ЗПС об этом ледокол, после чего ледокол начинает маневрировать по заходу на точку бурения.

С учетом того что эскарпы находятся на глубинах более 2000 м, для попадания буровым станком в точку бурения ледоколу необходимо начинать подходить к данной точке против дрейфа льдов или ветра с дистанции от 1500 до 2000 м. В этот период на скоростях около 1 м/с на кабель-тросе спускается буровой станок. Спуск станка продолжается с таким расчетом, чтобы при подходе к точке бурения расстояние между дном и станком было не более 5–6 м, что необходимо для установления видеоконтакта с дном. Установив этот видеоконтакт, оператор на ледоколе останавливает спуск станка и после выбора места опускает его на дно, после чего его система позиционирования определяет угол наклона станка. Это отражается на экране оператора. Если угол наклона превышает 20°, то оператор включает систему горизонтирования станка и максимально возможно выравнивает его положение (может уменьшить крен до 20° на твердых грунтах). После выравнивания станка на грунте оператор включает двигатель бурового станка, и начинается процесс бурения. При этом ледокол, используя работу трех гребных винтов, обязан удерживаться над местом бурения в течение 45–60 мин! Величина заглубления бурового инструмента определяется по данным видеокамеры, направленной на измерительную рейку. Процесс заглубления также контролируется по данным манометра; так, при прохождении рыхлых осадков (илы и мягкие глины) он показывает 30–40 атм, а при прохождении твердых пород его данные возрастают до 80–100 атм. При опускании измерительной рейки до 2 м или при достижении критических значений на манометре процесс бурения прекращается срабатыванием кернорвателя, а буровая штанга поднимается в буровой станок, после чего начинается подъем бурового станка на борт ледокола. На борту из станка вынимается буровая штанга и достается керн.



Рис.5. Схема выполнения геологического отбора пород и ДКМ в ходе экспедиции «Арктика-2012».

Так предполагалось проводить поиск эскарпов и бурение. В реальности же из 10 выбранных полигонов с вероятным нахождением эскарпов только на двух полигонах с НИПЛ-2 пришел сигнал «Бурение», еще на трех полигонах был использован сигнал «Драга», а на остальных пришел сигнал «Пусто».

В результате вышеописанных всех действий 18 сентября на полигоне № 6 была найдена площадка на уступе эскарпа, перекрытая рыхлыми осадками толщиной около 140 см. Тем не менее было принято решение бурить. При этом в полигоне наблюдалась сплоченность дрейфующего льда, близкая к 10 баллам, что создало существенные трудности по выведению ледокола в точку бурения. В связи с этим было совершено несколько неудачных попыток по выходу на точку бурения, однако в период этих заходов удалось провести телевизионную съемку дна, что также является геологическим результатом. Только благодаря мастерству капитана ледокола А.А.Ерпулева удалось в условиях разнонаправленного дрейфа льда и ветра выйти на точку и удерживаться в ней в течение 50 мин. При этом отстояние кормы ледокола от точки бурения не превышало 50 м (рис.7). Бурение скважины было осуществлено на глубине 2 600 м у подножия западного склона возв.Трукшина. В результате из интервала 130–190 см ниже поверхности дна был получен 60-сантиметровый керн коренных пород (рис.8). Порода на борту судна была описана как седиментационная брекчия, в составе последней были выделены туфы, образование которых возможно только на суше в присутствии воздуха, что свидетельствует об извержении вулкана в период, когда поднятие Менделеева было сушей.

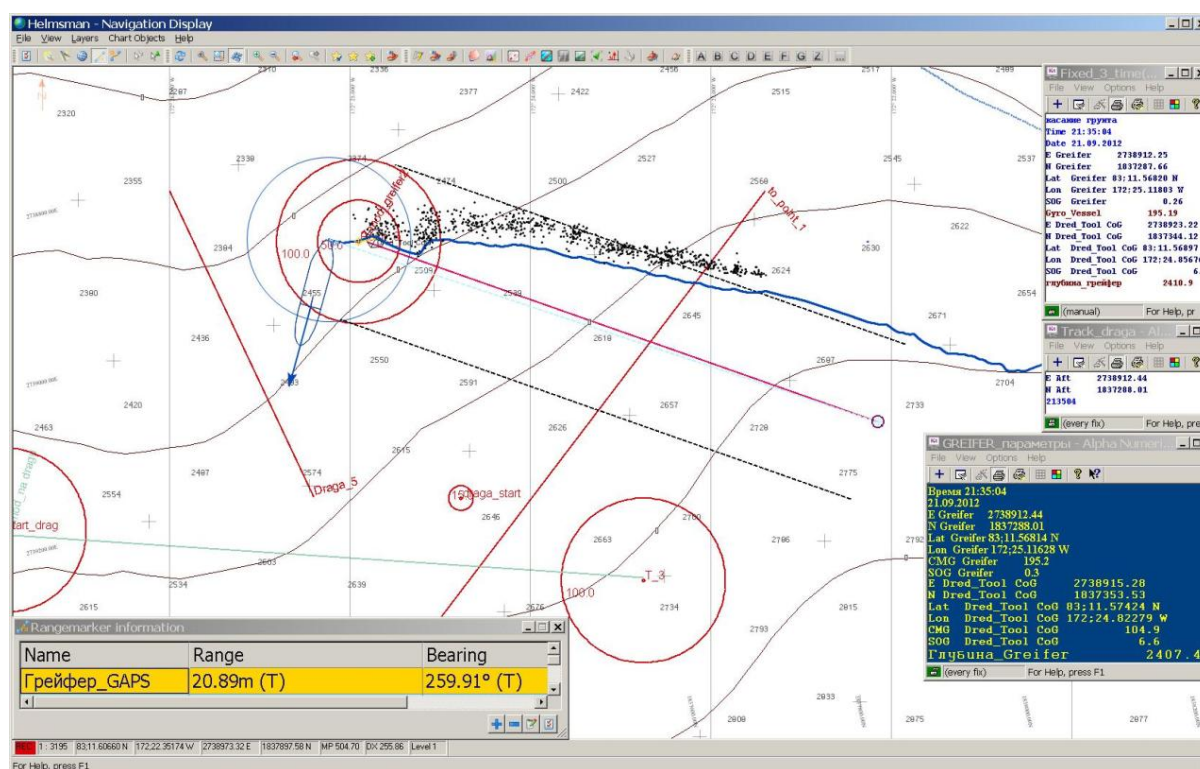


Рис.7. Фрагмент электронной навигационной карты с траекторией выхода ледокола «Капитан Драницын» в точку бурения и удержания над ней в течение 50 мин. Черные точки вдоль траектории ледокола – отображение положения бурового станка за кормой ледокола по данным подводной навигационной системы GAPS.

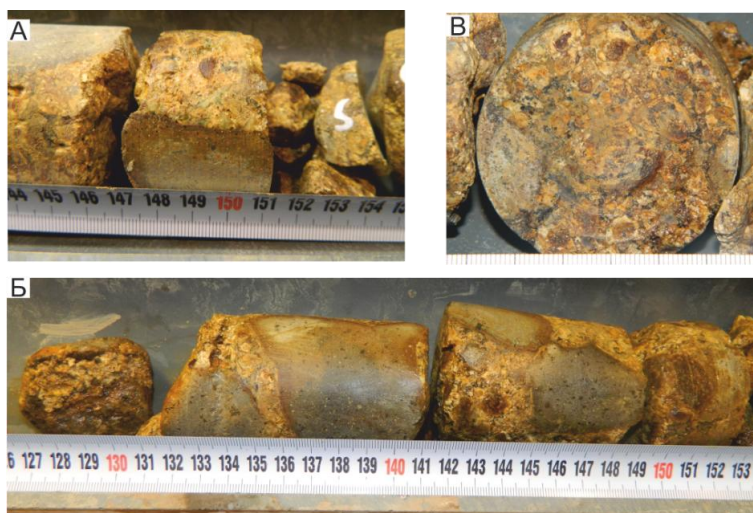


Рис.8. Керн скважины в полигоне № 6. В обломках представлены угловатые фрагменты миндалекаменных базальтов (А и В), а также, возможно, сильноразрушенные фрагменты гранитоидов (Б).



Рис.9. Керны из полигона № 0 из скв. KD12-00-31b (А и Б) и KD12-00-33b (В и Г).

крытыми изнутри тонкодисперсным белым налетом. Структура основной массы – микролитовая интерсертальная, в которой между большим количеством микролитов и небольшим количеством мелких вытянутых кристалликов плагиоклаза присутствуют точечные зерна темноцветных минералов и микроучастки, выполненные вулканическим стеклом и продуктами его выветривания.

При использовании телегрейфера ДГ-1.0 для отбора ДКМ использовался порядок действий, аналогичный бурению, за исключением того, что для срабатывания телегрейфера не требовалось подачи электроэнергии: он срабатывал от ослабления кабель-троса при касании грейфером дна. Всего было выполнено шесть успешных спуско-подъемов телегрейфера, сопровождаемых видеорегистрацией как процесса подхода к станции пробоотбора, так и самого пробоотбора (табл.2).

При использовании драги она выводилась за борт с вертолетной палубы, расположенной в средней части корпуса ледокола. После касания драгой дна, что отражалось на

27 и 28 сентября на полигоне № 0 было осуществлено бурение в двух местах. На первой скважине (рис.9, А и Б) в интервале 0–105 см ниже поверхности дна проходка осуществлялась по рыхлым алевропелитовым отложениям с примесью гравийно-галечного материала. Ниже в интервале 103–129 см бур вошел в слаболифитизированные вулканогенно-осадочные туфо-алевролиты – розовые, желтые и серые (рис.9, Б), в самом нижнем интервале (133–139 см) вскрыта вулканогенно-осадочная порода среднекислотного состава. Общая длина отобранного керна составила 40 см. На второй скважине (рис.9, В и Г) были вскрыты коренные породы на глубине 40 см ниже поверхности морского дна. Разрез начинается двумя плохоокатанными обломками мелкогалечной размерности, представленными массивным криптокристаллическим доломитом и полимиктовым песчаным мелкозернистым алевролитом. Далее – прослой около 17 см плотной тяжелой серой породы с редкими кавернами размером от 1 мм до 1 см, по-

показаниях динамометра, судно при отсутствии дрейфующего льда давало малый ход и проводилось драгирование до заданной точки либо до критических показаний на динамометре. Однако большинство мест драгирования располагалось выше 79°с.ш., где наблюдался дрейфующий лед сплоченностью 10 баллов, поэтому большинство драгирований проводилось в дрейфе ледокола, при ориентировочном направлении дрейфа льда перпендикулярно склону от подножия к вершине. Всего было выполнено девять драгирований (табл.2). Одной из интересных проб, отобранных драгой, явилась большая масса железо-марганцевых корок (около 500 кг), отобранных в полигоне 3, а также обломок песчаника в полигоне 9, содержащий окаменелости палеозойского возраста: два трилобита, фрагмент панциря древней рыбы и моллюска.

Гидростатическая грунтоотборная трубка также опускалась с вертолетной палубы ледокола, лежащего в дрейфе. Всего было выполнено шесть отборов (табл.2), при этом длина отобранных кернов в среднем составляла 8–9 м, в которых содержались только рыхлые осадки с включениями мелких частиц твердых пород. Данные частицы выбирались из кернов, после чего анализировалась их магнитная восприимчивость, что необходимо для дальнейших исследований древнего магнитного поля Земли.

НИПЛ-2 при помощи манипуляторов отобрала четыре образца коренных пород непосредственно из обнажений эскарпов общей массой 200 кг, при этом отбор сопровождался видеорегистрацией.

Таблица 2

Сводная ведомость геологического отбора в ходе экспедиции «Арктика-2012»

Номер полигона	Бурение	Драга	Грейфер	Трубка	Всего
0	2	1	1	1	5
1	–	1	2	1	4
2	–	1	–	–	1
3	–	1	–	1	2
5	–	–	1	1	2
6	1	2	–	1	4
8	–	1	1	1	3
9	–	1	1	–	2
10	–	1	–	–	1
Количество	3	9	6	6	24

Общее количество обломков ДКМ, полученных в экспедиции «Арктика-2012», составило 21 731 шт., из которых 101 образец имеет размер более 10 см. На полевом этапе было классифицировано более 4420 образцов. Это на 1–2 порядка превышает объемы каменного материала, полученные в предыдущих российских и зарубежных экспедициях по отдельности.

Петрографический состав обломков, выполненный на борту ледокола, показал, что он в пределах поднятия Менделеева весьма выдержан: существенно преобладают известняки и доломиты (50–65 %), терригенные породы составляют 20–25 %. Более всего варьируют содержания магматических (5–25 %) и метаморфических (2–12 %) пород. Среди отобранных образцов по степени окатанности были выделены образцы, относящиеся как к ледниковому, так и ледовому разному.

Камеральная обработка. В результате камеральной обработки сейсмических и геологических материалов экспедиции «Арктика-2012» были получены следующие результаты:

1. В результате обработки сейсмических материалов (методы МОВ-ОГТ, ГСЗ-МПВ и ГСЗ) установлено:

– в пределах поднятия Менделеева глубина залегания границы Мохо составляет 32–34 км, мощность консолидированной коры – 27–28 км, скорость распространения сейсмических волн в ней составляет: от 6.1 в кровле до 7.2 км/с в подошве;

– комплексы осадочного чехла с шельфа Восточно-Сибирского моря непрерывно прослеживаются на поднятии Менделеева.

2. Впервые доказано наличие на поднятии Менделеева коренных обнажений (эскарпов), что зафиксировано их телевизионной съемкой с НИПЛ-2 и с бурового станка, а также результатами съемки многолучевым эхолотом и гидролокатором кругового обзора, установленных на НИПЛ-2. Наличие эскарпов является убедительным аргументом в пользу местного происхождения собранного в их районе ДКМ. Кроме того, полученные при бурении базальты морфологически сходны с обломочными базальтами в ДКМ.

3. Получены представительные комплексы обломков пород, относящихся предположительно к платформенному чехлу Гиперборейской платформы. В центральной части поднятия Менделеева установлены известняки с фауной, характеризующие палеозойский возраст осадочного чехла и соответственно допалеозойский возраст фундамента поднятия Менделеева.

4. Базальты с поднятия Менделеева обнаруживают сходство с внутриконтинентальными платобазальтами CFB (меловые траппы Декана) и заметно отличаются от базальтов океанических островов OIB и базальтов срединно-океанических хребтов N-MORB.

5. Керн, отобранный в полигоне № 6 и описанный непосредственно в море как седиментационная брекчия, при лабораторном петрографическом анализе определен как кластолава брекчиевая охристо-желтая, с обломками темно-серого базальта. Возраст данного базальта, определенный во ВСЕГЕИ ураново-свинцовым радиоизотопным методом, по выделенным в нем цирконам составляет 127 млн лет, что соответствует нижнемеловому периоду мезозоя. Базальты, отобранные при бурении в полигоне № 0, определены как трахиандезиты розовато- и зеленовато-серые, пироксен-плагиоклаз-порфиновые, свежие, имеющие возраст 260 млн лет, что соответствует пермскому периоду верхнего палеозоя.

Все вышеприведенные результаты, с учетом того, что возраст возникновения Северного Ледовитого океана оценивается на границе мезозоя и кайнозоя (70–60 млн лет т.н.), позволяют с уверенностью охарактеризовать земную кору поднятия Менделеева как кору континентального типа, а следовательно являющуюся континентальным шельфом.

Полученные данные будут включены в Представление (заявку) по внешней границе континентального шельфа РФ в Северном Ледовитом океане, которая затем будет передана в Министерство иностранных дел для ее представления в Комиссию ООН по границам континентального шельфа.

Сравнивая результаты бурения, полученные в ходе зарубежной экспедиции «АСЕХ-302» на хр. Ломоносова в Северном Ледовитом океане и отечественной экспедиции «Арктика-2012» на поднятии Менделеева, можно сделать следующий вывод: хотя зарубежные коллеги пробурили 428 м, но они достигли только пород осадочного чехла с возрастом 80–90 млн лет (верхний мезозой); в России же, несмотря на то что пробурено лишь около 1 м, отобраны породы возрастом 260 млн лет (верхний палеозой), что безусловно свидетельствует о ее преимуществе. Причиной данного успеха является грамотная организация экспедиции «Арктика-2012», позволившая осуществить бурение не «вслепую», а на найденных научно-исследовательскими подводными лодками эскарпах, при использовании донного варианта бурения.