

являлась оценка принципиальной возможности использования данного вида измерительной аппаратуры для получения информации о структуре и толщине морского, т.е. соленого, льда различного возраста и морфометрии. За период работ выполнено 6 вариантов профильных георадарных съемок морского льда по району льдины ледового лагеря, включая ровный малоснежный однолетний, двухлетний и заснеженный восторошенный старый лед, сопровождавшихся, по возможности, измерениями длины, высот снежного покрова и толщин льда бурением и/или термобурением и взятием кернов льда на измерения профиля солености.

На основании экспресс-анализа выполненных наблюдений вынесено положительное решение о принципиальной возможности применения георадаров по крайней мере на частотах 50–300 МГц для исследования морфометрии морского соленого льда.

Сейсмические исследования морского льда выполнялись специалистом ААНИИ посредством сейсмо-наклонометра «ВАУКАЛ-7НР» в районе ВПП базы на различном удалении от ее оси. В результате измерений получены записи данных за более чем 150 ч.

Одновременно с экспедицией Росгидромета в тот же период 2–20 апреля непосредственно на ледовой базе «Барнео» или с ее использованием экспедиционными группами научных учреждений Германии (AWI), Норве-

гии (NPI), Франции (CNRS), США (Woods-Hole, CRREL), Японии (Jamstec) и др. стран выполнялся широкий круг исследовательских работ, включая океанографическое зондирование в точке лагеря станции и на выносных точках, расстановку автоматических метеорологических, ледовых масс-балансовых, океанографических и акустических буев и станций (транспортировка оборудования в места наблюдений выполнялась вертолетами Ми-8 и/или самолетом Twin Otter). Информация с части буев и станций доступна по сети Интернет и/или по ГСТ ВМО и будет использована при обработке результатов наблюдений экспедиции Росгидромета.

Суммируя изложенное, можно сделать вывод, что программа научных работ экспедиции Росгидромета на ледовой базе «Барнео» в апреле 2013 г. выполнена успешно. Полученные материалы продолжают серии гидрологических, гидрохимических и ледовых наблюдений приполюсного района Арктики, и, после завершения обработки, будут использованы для оценки текущего состояния и положения границ водных масс СЛО, их тепло и массообмена с морским льдом, равно как и для развития методов ледовых исследований.

*В.М.Смоляницкий (ААНИИ), С.В.Писарев (ИО РАН).
Фото авторов*

КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ПРИРОДЫ ПОДНЯТИЯ МЕНДЕЛЕЕВА В ХОДЕ ЭКСПЕДИЦИИ РОСНЕДР «АРКТИКА 2012»

Итоговый текст официальных рекомендаций Комиссии по границам континентального шельфа относительно представленной Россией Заявки был опубликован 14 июня 2002 г. Замечания и рекомендации Комиссии по части VI «ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЧАСТЬ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА» российского Представления были сфокусированы на вопросах геологической и тектонической природы подводных поднятий Альфа-Менделеева и Ломоносова. Так, в п. 134 Рекомендаций, в частности, было указано: «...при существующем уровне знаний хребет 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 стратиграфии акустического фундамента не позволяет в настоящее время осуществить любое иное определение принадлежности (хр. Менделеева) в соответствии с Конвенцией...». России было предложено предоставить более обоснованные материалы, как по геологическим, так и геофизическим исследованиям в данных районах.

Для устранения вышеперечисленных замечаний Минприроды и Минобороны России разработали План мероприятий по дополнительному обоснованию внешней границы континентального шельфа РФ на 2009–2013 гг. В соответствии с этим Планом Роснедра в 2011 г. выставили на конкурс Госконтракт по проведению комплексных геолого-геофизических исследований для обоснования континентальной природы поднятия Менделеева в восточной части Северного Ледовитого океана.

Подготовка экспедиции

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

Метод донного бурения на стадии постановки Конкурса на производство 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 в заданном месте. В 2004 г., в период экспедиции «АСЕХ-302» международный консорциум выполнил бурение пяти скважин со специализированного бурового судна на четырех участках хребта Ломоносова в районе 87–88° с.ш. При установленной в период предшествующих сейсмических исследований (профиль AWI 91090) минимальной мощности осадочного чехла над фундаментом в данном районе в 1830 м (максимальная – 3000 м) удалось пробурить скважину с максимальной глубиной от поверхности дна 428 м. При этом только в диапазоне от 424,5 до 427,6 м (3,1 м) были отобраны породы с возрастом, относящимся к верхнему мелу (90–65 млн л.н.), чего оказалось явно недостаточно ни для стратиграфического описания всей толщи осадочного чехла, ни для формирования убедительного вывода о континентальной природе хребта Ломоносова.

Первой проблемой при подготовке к экспедиции было то, что существующий в ОАО «Севморгео» донный

буровой станок ГБУ-1 (бурение на 1 метр) был специально разработан для бурения кобальто-марганцевых корок в Тихом океане, толщина которых не превышает 1 метр. Для бурения керна такой длины достаточно было использования комплекта аккумуляторов, установленных на самом станке. Для бурения же керна длиной 2 м на глубинах моря около 3-х 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.

Другой проблемой являлось обеспечение возможности нахождения эскарпов. С учетом слабой геологической и сейсмической изученности поднятия Менделеева не только расположение самих эскарпов, но даже их наличие являлось большой загадкой. С учетом этого руководство ОАО «Севморгео» перед началом экспедиции провело ряд совещаний с ведущими геологическими организациями страны, занимающимися геологическим изучением дна океанов. Высказывались различные точки зрения, но основной тон был пессимистическим: даже если эскарпы есть, то как их найти под дрейфующими льдами? Член-корреспондент РАН Е.В.Артюшков высказал мнение, что эскарпы есть и их можно найти. После этого дискуссии стали носить более плодотворный характер, и в результате на поднятии Менделеева были определены участки дна на глубинах от 1500 до 3000 м, на которых можно было ожидать обнаружение эскарпов. При этом ВСЕГЕИ и ВНИИОкеангеология предложили свои версии вероятных местоположений данных участков.

После определения вероятных местоположений эскарпов встал вопрос о выборе технологии их поиска. По режимным океанографическим данным над предполагаемыми эскарпами поднятия Менделеева даже в августе наблюдаются дрейфующие льды, наличие которых резко ограничивает использование управляемых по кабелю необитаемых глубоководных аппаратов, оборудованных телевидением, многолучевым эхолотом и сейсмоакустическим профилографом. Для решения проблемы генеральный директор ОАО «Севморгео» М.Ю.Шкатов, в прошлом штурман-подводник Северного флота, предложил неожиданный и неординарный подход: использовать для поиска эскарпов научно-исследовательские подводные лодки Главного управления глубоководных исследований Министерства обороны (ГУГИ МО). Благодаря активной поддержке этой идеи руководством Минприроды, Роснедр и ГУГИ МО руководство Министерства обороны одобрило участие подводных лодок в экспедиции «Арктика 2012».

Далее возникли задачи определения координат положения подводной лодки над найденным ею эскарпом с точностью до 10 м и выведения бурового станка на выбранную горизонтальную площадку данного эскарпа. Для решения этих задач была приобретена система подводной навигации GAPS (производство Франция), которая позволяет определять местоположение подводного объекта по измерению дистанций и пеленгов с антенны, опущенной с судна в приповерхностный слой воды, до маяка-ответчика (пингер), установленного на подводном объекте. Для реализации данного подхода на подводные лодки, буровой станок и телефотограф-

фер были установлены пингеры, акустическая дальность действия которых составляет 3000 м.

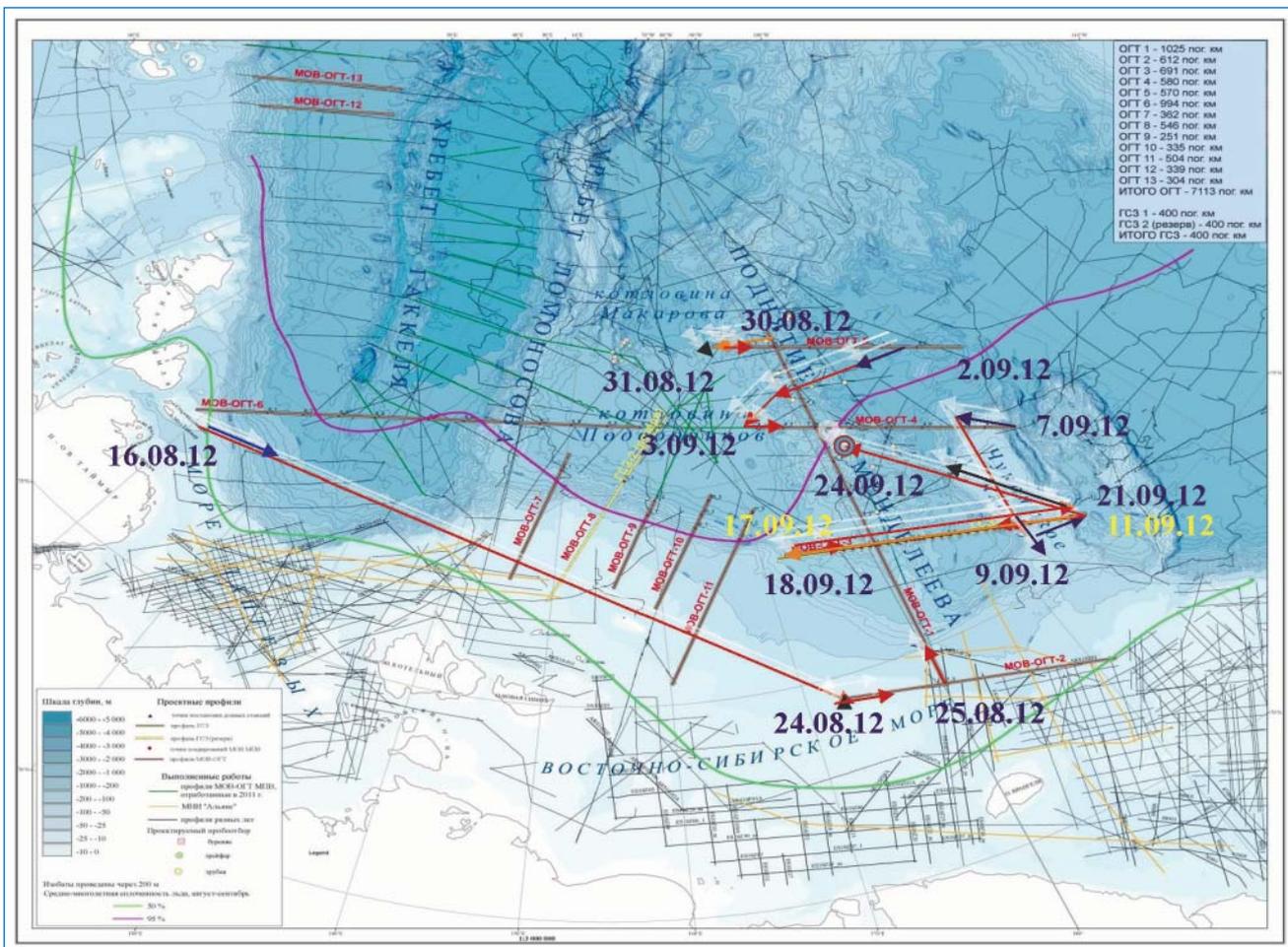
Другой проблемой в период подготовки экспедиции был выбор необходимых судов. Аренда атомного ледокола для обеспечения проводки судна с сейсмической косой и выполнения бурения, как это было в 2011 г., была невозможна из-за ограниченного бюджета. Было решено использовать в экспедиции два дизельных ледокола ФГУП «Росморпорт»: ДЭЛ «Капитан Драницын» (водоизмещение 15000 т, длина 131 м) и ДЭЛ «Диксон» (водоизмещение 6200 т, длина 89 м).

Оба ледокола имеют ограничения по преодолению определенных толщин льда. Поэтому выбор данных ледоколов был связан с риском из-за возможной тяжелой ледовой обстановки в районе работ. В ходе анализа текущей и прогностической ледовой обстановки в районе изысканий начальником экспедиции О.Ю.Корнеевым, специалистами ААНИИ В.М.Смоляницким и А.А.Дмитриевым было принято решение о возможности использования для работ дизельных ледоколов.

Для выполнения сейсмических исследований был выбран ДЭЛ «Диксон», который был переоборудован в норвежском порту Киркинес для размещения сейсмического оборудования (срезана вертолетная площадка, часть надстроек, и переоборудована кормовая палуба). Ввиду отсутствия на корме ледокола «Капитан Драницын» подъемных устройств, способных поднять и вывести за борт буровой станок весом 3 т, а также телефотографера, на данный ледокол был установлен специально арендованный для этих целей в Германии кран-манипулятор, а также буровая гидравлическая лебедка отечественного производства. Установка данного оборудования началась в порту Мурманск и была завершена в порту Киркинес.

Таким образом, с учетом комплексности экспедиции в состав ее участников вошли:

- ОАО «Севморгео» – донное бурение, отбор проб телефотографером, сейсмозаездка методами ГСЗ и ОГТ-МПВ и их набортная обработка, подводное позиционирование (координирование) бурового станка и подводных лодок;
- ФГУП «Росморпорт» – предоставление дизельных ледоколов «Капитан Драницын» и «Диксон»;
- Главное управление глубоководных исследований Министерства обороны РФ – предоставление двух научно-исследовательских подводных лодок, оборудованных многолучевым эхолотом, сейсмоакустическим профилографом и подводным телевидением для поиска эскарпов и отбора донно-каменного материала (ДКМ);
- компания «WGP Exploration Limited» (сейсмозаездка методом МОВ-ОГТ);
- ФГУП «ВСЕГЕИ» – контроль и анализ получаемой сейсмической информации (С.Н.Кашубин – заместитель начальника экспедиции);
- ФГУП «ИМГРЭ» – первичный петрографический анализ с использованием рентгено-флуоресцентного анализатора (консультант экспедиции А.А.Кременецкий);
- ФГУП «ВНИИОкеангеология» – геологический отбор ДКМ драгой и гидростатической трубкой, первичное петрографическое описание ДКМ;
- ООО «Гидро-Си» – навигационное обеспечение работ и измерение скорости звука в воде при помощи зонда «Valeport MIDAS SVP»;
- ОАО «Севернефтегаз» – набортная обработка сейсмических данных от МОВ-ОГТ;



Сейсмические профили в ходе экспедиции «Арктика 2012».

- НИИ Гидросвязи «Штиль» – звукоподводная связь с подводными лодками;
- ААНИИ – использовался прогноз приземного ветра и дрейфа льда с сайта института.

Проведение экспедиции

Когда все проблемы с подготовкой были решены, на борт прибыли члены экспедиции: на ДЭЛ «Диксон» 24 июля в порту Киркенес – 24 чел., на ДЭЛ «Капитан Драницын» 30 июля в порту Мурманск – 50 чел., среди которых было 3 доктора наук и 4 кандидата наук. Суда вышли в море 10 августа 2012 г. из порта Киркенес. Перед выходом была принята ледовая обстановка со спутника в районе работ и на подходах к нему. На тот момент весь район был закрыт льдами. Дальнейший анализ спутниковых данных Бременского университета (Германия) и Ледового центра США показал улучшение ледовой обстановки и к моменту прибытия ледоколов в район работ 16 августа его южная часть была практически свободна от плавающих льдов.

По плану предстояло выполнить сейсмические и геологические работы.

Сейсмические исследования

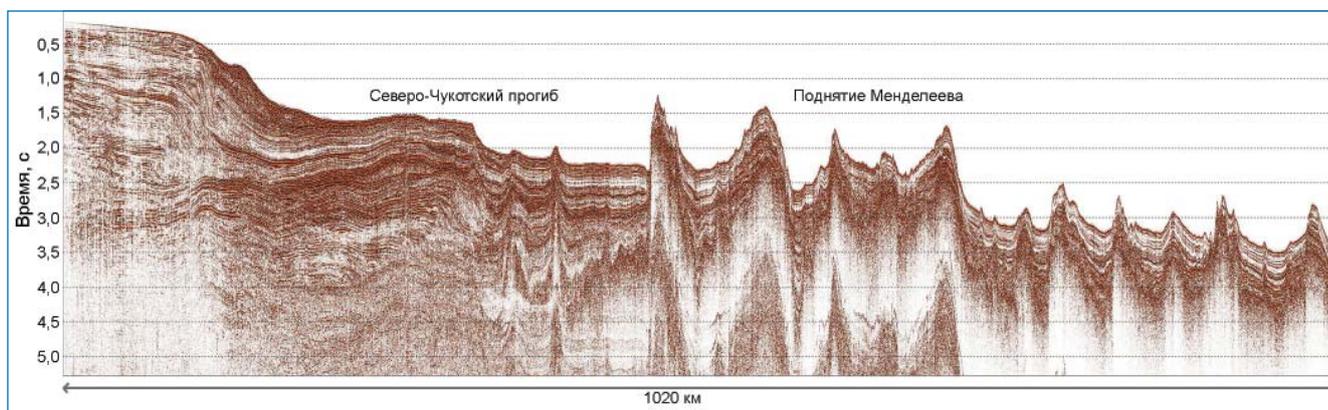
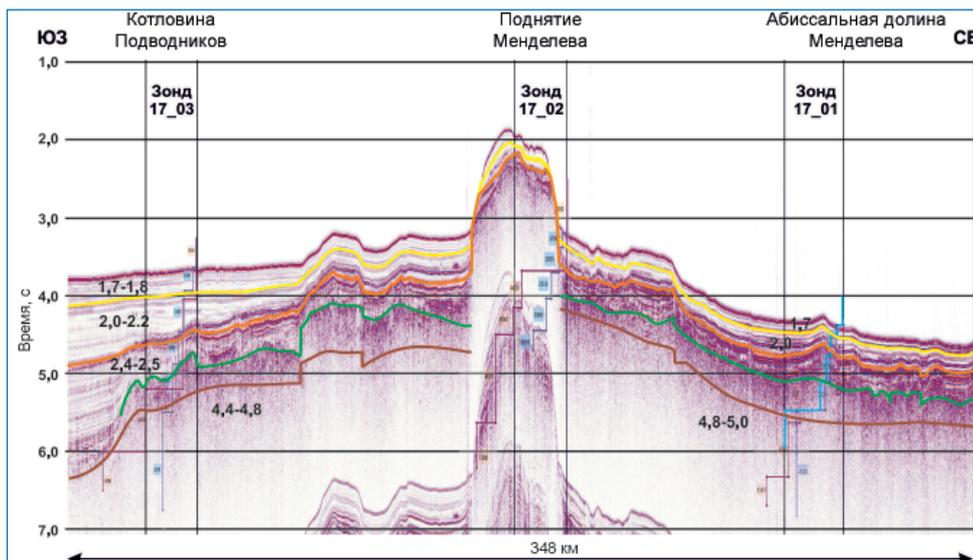
Сейсмические исследования проводились с 10 августа по 28 сентября. Порядок отработки сейсмических профилей указан на рисунке. Большой удачей сейсмических исследований МОВ-ОГТ является отработка крайне важного профиля 3 длиной косой, а также проникновение с короткой косой по 180 меридиану до широты 83° 15'. Севернее дрейфующие льды стали включать поля многолетних льдов, в результате чего про-

биваемый ледовый канал начал забиваться большими обломками, что препятствовало безопасному использованию короткой сейсмической косы.

При использовании короткой сейсмической косы метод МОВ-ОГТ не позволяет определить скоростные параметры выделенных слоев в стратификации осадочного чехла. Поэтому для определения скорости распространения сейсмических волн через каждые 10 км производилось сейсмическое зондирование при помощи плавающих гидрофонов, которые передавали получаемую сейсмическую информацию по радиоканалу вслед уходящему ледоколу до дистанции 10–15 км. Гидрофоны после окончания передачи информации безвозвратно оставались во льдах.

Отличительной чертой сейсмических исследований методом МОВ-ОГТ и ГСЗ-МПВ в данной экспедиции являлся то, что на профилях с наличием ледяного покрова, т.е. при проводке ледокола «Диксон» ледоколом «Капитан Драницын», получаемая косой сейсмическая информация в *on-line* режиме передавалась при помощи системы WiFi на лидирующий ледокол, где и проводилась ее первичная обработка. Данный подход был вынужденным и был применен ввиду того, что на «Диксоне» не было мест для размещения персонала группы обработки данных.

На рисунке представлен полученный в ходе набортной обработки сейсмический разрез на межгалсовом профиле 5–4, который специально был спроектирован для прохождения над предполагаемым эскарпом. Хорошо видна стратификация осадочного чехла, а определенные методом МПВ скоростные параметры, сви-



Сейсмический разрез: по данным метода МОВ-ОГТ и ГСЗ-МПВ (верхний рисунок) и на профиле 1 (по меридиану 180°) от профиля 2 к Северному полюсу (нижний рисунок)

детельствуют о палеозойском возрасте (более 230 млн л.н.) нижних слоев, что крайне важно для доказательства континентальной природы поднятия Менделеева, так как считается доказанным, что СЛО возник на границе мезозоя и кайнозоя (70–60 млн л.н.). С учетом существенного горизонтального сжатия рисунка, края эскарпа в реальности являются значительно более пологими: при перепаде глубин от его вершины до подножия в 1100–1200 м горизонтальный размер склона составляет ориентировочно 3500 м, т.е. в среднем генерализированный угол склона (в реальности склон – это ступенчатая терраса) составляет 10–15°. Горизонтальный размер самого эскарпа в данном разрезе ориентировочно составляют 35 км. Таким образом, непосредственно в море по получении этих данных были сформулированы требования для поиска подводной лодкой места для постановки бурового станка. С учетом формы склона эскарпа основными задачами подлодки при его нахождении и обследовании являлись:

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

Также одним из успехов сейсмических исследований методом МОВ-ОГТ было получение сейсмического разреза на профиле 1 (см. рис.), который позволил непрерывно проследить основные осадочные комплексы с шельфа

Чукотского моря на поднятие Менделеева, обеспечив тем самым доказательство связи поднятия с Сибирским шельфом, континентальная природа которого является неоспоримой. Из рисунка отчетливо видно искажение стратификации осадочного чехла на утоненной коре вулканическими интрузиями на поднятии Менделеева. Данная геологическая ситуация получила за рубежом название «High Arctic Latitude Igneous Province» (высокоширотная арктическая вулканическая провинция) и имеет сокращение НАИП. 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, когда и где они образовались: на дне СЛО или когда дно еще было сушей (до образования СЛО). Этот вопрос является крайне актуальным, т.к. 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 природу поднятия Менделеева такой же.

Большим успехом сейсмических исследований при отсутствии сплошного ледяного покрова с 11 по 17 сентября являлась расстановка 30 донных станций на профиле 3 на протяжении 480 пог. км, а после произведенного отстрела – подъем 28 станций, что позволило впервые в мире получить информацию о глубинном

строении Земли в районе параллелей 73–74°. Из под-
нятых 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 взаимо-
действии с научно-исследовательскими подводными
лодками (НИПЛ) ВМФ: большой – НИПЛ-1 и малой –
НИПЛ-2. В состав экипажа НИПЛ-2, предназначенной
для работ на глубинах до 4-х км, для обеспечения до-
стоверной геологической интерпретации получаемых
данных от многолучевого эхолота, гидролокатора бо-
кового кругового обзора и телевизионной системы был
включен геолог Е.А.Гусев (ВНИИОкеангеология).

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

- телегрейфера ДГ-1.0 (ОАО «Севморгео»);
- скальной драги (ФГУП «ВНИИОкеангеология»);
- гидростатической грунто-
отборной трубки (ОАО «Техмор-
гео»);
- манипуляторов НИПЛ.

Необходимо отметить, что и в предыдущих, как отечествен-
ных, так и зарубежных, геоло-
гических экспедициях произво-
дился отбор ДКМ. Однако боль-
шинство зарубежных геологов,
которых поддерживает один
из основоположников морской
геологии в России академик
А.П.Лисицын, считают, что со-
бранный ДКМ является след-
ствием его выпадения (вытаива-
ния) из айсбергов (ледниковый
разнос) или из оторванного при-
пая и речных льдов, поступаю-
щих в СЛО (ледовый разнос).
Именно поэтому Комиссия ООН
по границам континентального
шельфа крайне неохотно при-
знает эндогенную (местную) природу происхождения
ДКМ. Учитывая данное обстоятельство, было принято
решение о необходимости проведения бурения корен-
ных пород на эскарпах и выполнения отбора проб корен-
ных пород манипулятором подводной лодки или грейфе-
ром в непосредственной близости от эскарпов с обяза-
тельной фото- и видеофиксацией процесса отбора.

8 сентября НИПЛ-1 всплыла около ледокола и руко-
водство экспедиции прибыло на ее борт для обсужде-
ния предстоящей программы работ, т.к. к этому време-
ни были определены положения некоторых эскарпов и
их структура. В результате был выработан следующий
порядок работы НИПЛ и ледокола.

В район предполагаемого эскарпа следует НИПЛ-1 и
проводит съемку дна многолучевым эхолотом на участ-
ке размером 10×10 км. После выявления на экране мо-
нитора наиболее характерных для эскарпа черт релье-
фа дна определяется глубина верхней части эскарпа и
его координаты, которые с помощью звукоподводной
связи (ЗПС) передаются на НИПЛ-2.

После получения данного сообщения НИПЛ-2 вы-
ходит на полигон на глубинах более 1000 м и подходит
к предполагаемому месту эскарпа. Затем осуществля-
ется погружение до таких глубин, чтобы до поверхности
эскарпа было около 50–100 м, и проводится съемка по-
верхности дна при помощи гидролокатора кругового
обзора и сейсмоакустического профилографа на участ-
ке 2×2 км. После выявления по данным гидролокатора
наиболее подходящих форм рельефа на эскарпе (гори-
зонтальный 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 обследова-
ние при помощи телевизионной системы для определе-
ния угла ее наклона (не более 20°) и засоренности боль-
шими обломками, затрудняющими постановку бурово-
го станка. В результате данного обследования НИПЛ-2
должна проанализировать собранную информацию и
передать на борт НИПЛ-1 и борт ледокола следующие



Донный буровой станок ГБУ-2 (ОАО «Севморгео») при выведении его за корму ледокола для опускания на дно (красные штанги – выдвигаемые «ноги» системы горизонтирования).

сигналы: «Бурение», «Драга» или «Пусто». После получения любого из сигналов НИПЛ-1 покидает район работ и направляется в следующий 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» означает, что не обнаружено ни площадки под бурение, ни ДКМ, а рекомендуется использовать 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,

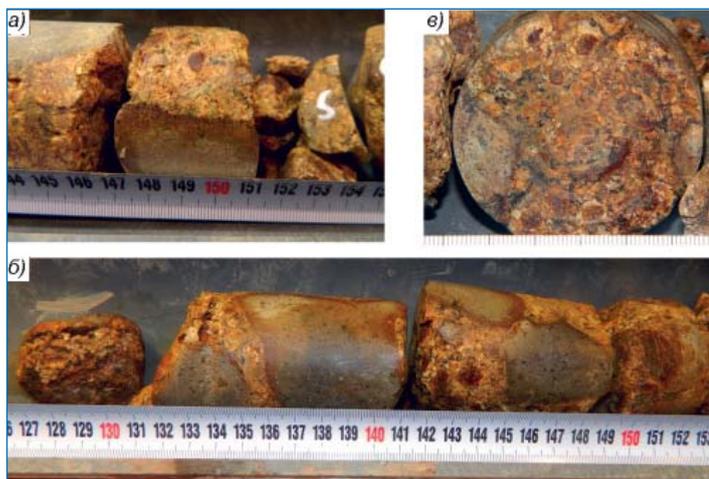
сопряженную со спутниковой навигационной системой GPS, и определяет местоположение НИПЛ-2 по сигналам пингера, установленного на ней, с точностью до ±10 м. После определения места НИПЛ-2 ледокол по ЗПС извещает ее об этом сигналом «Покинуть район». Покинув район, НИПЛ-2 извещает по ЗПС об этом ледокол, 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, производится спуск бурового станка на кабель-тросе. 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 видеоконтакт с дном, оператор на ледоколе останавливает спуск станка и, после выбора места для его поста-

новки, опускает его на дно. После постановки станка на дно его система позиционирования определяет угол наклона станка, что 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 начинается бурение. 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: при прохождении рыхлых осадков (илов и мягких глин) он показывает 30–40 атмосфер, а при прохождении твердых пород его показания возрастают до 80–100 атмосфер. 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 ледокола, после постановки станка на палубу, из него вынимается буровая штанга и достается керн.

Так предполагалось проводить поиск эскарпов и бурение. В реальности же из 10 выбранных полигонов с вероятным нахождением эскарпов только на двух полигонах (№ 0 и № 6) с НИПЛ-2 пришел сигнал «Бурение», еще на трех полигонах был использован сигнал «Драга», а на остальных пришел сигнал «Пусто».

В результате всех вышеописанных действий 18 сентября на полигоне № 6 была найдена площадка на уступе эскарпа, перекрытая рыхлыми осадками толщиной около 140 см. Было принято решение производить бурение, хотя на полигоне наблюдалась сплоченность дрейфующего льда около 10 баллов, что создало существенные трудности по выведению ледокола в точку бурения. Было совершено несколько неудачных попыток по выходу на точку бурения. 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



Керн скважины в полигоне № 6. В обломках представлены угловатые фрагменты миндалекаменных базальтов (а и б), а также, возможно, сильно разрушенные фрагменты гранитоидов (в).

в ней в течение 50 мин. При этом отстояние коры ледокола от точки бурения не превышало 50 м. Бурение скважины было осуществлено на глубине 2600 м у подножия западного склона возв. Трукшина. В результате из интервала 130–190 см ниже поверхности дна был получен 60-сантиметровый керн коренных пород. Порода на борту судна была описана, как седиментационная брекчия, в составе которой были выделены туфы, их образование возможно только на суше в присутствии воздуха, что свидетельствует об извержении вулкана в период, когда поднятие Менделеева было сушей.

27 и 28 сентября на полигоне № 0 было осуществлено бурение в двух местах. На первой скважине 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 слабо литифицированные вулканогенно-осадочные туфо-алевролиты розовые, желтые и серые, в самом нижнем интервале (133–139 см) вскрыта вулканогенно-осадочная порода средне-кислого состава. Общая длина отобранного керна составила 40 см. На второй скважине 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 песчанистым мелкозернистым алевролитом. Далее прослой около 17 см плотной тяжелой серой породы с редкими кавернами размером от 1 мм до 1 см, покрытыми изнутри тонкодисперсным белым налетом. Структура основной массы – микролитовая интерсертиальная, в которой между большим количеством микролитов и небольших мелких вытянутых кристалликов плагиоклаза присутствуют точечные зерна темноцветных минералов и микроучастки, выполненные вулканическим стеклом и продуктами его выветривания.

Керны из полигона № 0 из скважин KD12-00-31b (а и б) и KD12-00-33b (в и г).



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 реагировал от ослабление кабель-троса при касании грейфером дна. Всего было выполнено 6 успешных спуско-подъемов телегрейфера, сопровождаемых видеореги-

страцией как процесса подхода к станции пробоотбора, так и самого пробоотбора.

При использовании драги она выводилась за борт с вертолетной палубы, расположенной в средней части корпуса ледокола. После касания драгой дна, что отражалось на показаниях динамометра, судно при отсутствии дрейфующего льда давало малый ход и производилось драгирование до заданной точки либо до достижения критических значений на динамометре. Однако большинство мест драгирования располагалось выше 79° с.ш., где наблюдался дрейфующий лед сплоченностью 10 баллов, поэтому большая часть драгирований производилось в дрейфе ледокола, когда дрейф льда был направлен ориентировочно перпендикулярно склону от подножия к вершине. Всего было выполнено 9 драгирований. Одной из интересных проб, отобранных драгой, явилась большая масса железо-марганцевых корок (около 500 кг) в полигоне № 3, а также обломок песчаника в полигоне № 9, содержащий окаменелости палеозойского возраста: двух трилобитов, фрагмент панциря древней рыбы и моллюска.

Гидростатическая грунтоотборная трубка также опускалась с вертолетной палубы ледокола, лежащего в дрейфе. Всего было выполнено 6 отборов, при этом длина отобранных кернов в среднем составляла 8–9 м. Керны содержали только рыхлые осадки с включениями мелких частиц твердых пород. Данные частицы выбирались из кернов, после чего осуществлялся анализ их магнитной восприимчивости, что необходимо для дальнейших исследований древнего магнитного поля Земли.

НИПЛ-2 при помощи манипуляторов отобрала 4 образца коренных пород общей массой 200 кг непосредственно из обнажений эскарпов, при этом отбор сопровождался видеорегистрацией.

Общее количество обломков ДКМ, полученных в экспедиции «Арктика-2012», составило 21731 шт., из них 101 образец имеет размер более 10 см. На полевом этапе было классифицировано более 4420 образцов. Это на 1–2 порядка превышает объемы каменного материала, полученного в предыдущих российских и зарубежных экспедициях по отдельности.

Петрографический анализ состава 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, полученных в ходе 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, в которой скорости распространения сейсмических волн составляют: от 6,1 км/с – в кровле и 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, установленными на НИПЛ-2. Наличие эскарпов является убедительным аргументом в пользу местного происхождения собранного в их районе ДКМ. Кроме этого, полученные при бурении базальты морфологически сходны с обломочными базальтами в ДКМ.

3. Получены представительные комплексы обломков пород, относящихся, предположительно, к платформенной чехлу Гиперборейской платформы. В центральной части поднятия Менделеева установлено распространение известняков с фауной, характеризующей палеозойский возраст осадочного чехла и, соответственно, допалеозойский возраст фундамента поднятия Менделеева.

4. Базальты с поднятия Менделеева обнаруживают сходство с внутриконтинентальными платобазальтами СФВ (меловые траппы Декана) и заметно отличаются от базальтов океанических островов OIB и базальтов срединноокеанических 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-порфиритовые свежие, имеющие возраст 260 млн лет, что соответствует пермскому периоду верхнего палеозоя.

Все вышеприведенные результаты, с учетом того, что возраст возникновения СЛО оценивается на границе мезозоя и кайнозоя (70–60 млн. л.н.), позволяют с уверенностью охарактеризовать земную кору поднятия Менделеева как кору континентального типа, а следовательно, она является континентальным шельфом.

Сравнивая результаты бурения, полученные в ходе зарубежной экспедиции в СЛО на хребте Ломоносова «АСЕХ-302» и отечественной экспедиции «Арктика 2012» на поднятии Менделеева, можно сделать следующий вывод: хотя зарубежные коллеги пробурили 428 м, 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 преимуществе России в отборе проб. Причиной данного успеха является грамотная организация экспедиции «Арктика 2012», позволившая осуществить бурение не «вслепую», а на найденных подводными лодками эскарпах при использовании донного варианта бурения.

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

*О.Ю. Корнеев, М.Ю. Шкатов
(ОАО «Севморгео»)
Фото авторов*