

**КОМПЛЕКСНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ «АРКТИКА-2014»**

Экспедиция «Арктика-2014» по дальнейшему геолого-геофизическому изучению недр Северного Ледовитого океана выполнялась в рамках государственного контракта Федерального агентства по недропользованию «Оценка перспектив нефтегазоносности российского континентального шельфа за пределами 200 миль в рамках подготавливаемой заявки в Комиссию по границам континентального шельфа, оценка неразведанных потенциальных ресурсов углеводородов в пределах заявки на основе сейсмических исследований МОВ-ОГТ, ГСЗ». Работы проводились под эгидой компании ОАО «МАГЭ» с участием ОАО «Севморгео», Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института МО РФ (ГНИНГИ) и ООО «Гидро Си» на двух научно-исследовательских судах: в приполюсном районе работал НЭС «Академик Федоров» (ААНИИ) при обеспечении атомного ледокола «Ямал», и в 200-мильной зоне шельфа работы выполнялись на НИС «Николай Трубятчинский» (ОАО «Мурманская арктическая геолого-разведочная экспедиция» (МАГЭ).

Судно «Академик Федоров» вышло в море от причала верфи г. Наантали (Финляндия) 10 июля 2014 г. и после нескольких месяцев работ в центральной части Северного Ледовитого океана 12 октября вернулось в этот же порт.

Основной целью экспедиции являлось проведение сейсморазведки методом отраженных волн (МОВ) на опорных геофизических траверсах (ОГТ) с заглубленной под лед приемной косой. Однако, как и в предыдущих экспедициях в Северном Ледовитом океане, в районах с дрейфующим ледяным покровом, и в этой экспедиции не удалось использовать приемную косу необходимой длины (4,5 км) из-за опасности ее обрыва подводными клямами — подводными частями торосов. В связи с этим использовалась короткая коса (600 м), но такая длина не позволяет определять скорости распространения сейсмических волн в слоях осадочного чехла недр океана. Для устранения данного недостатка традиционно были применены радиотелеметрические сейсмические буи с гидрофонами (ОАО «Севморгео»), которые при зондировании позволяют принимать на буй и отраженные и преломленные сейсмические волны (МОВ-МПВ).

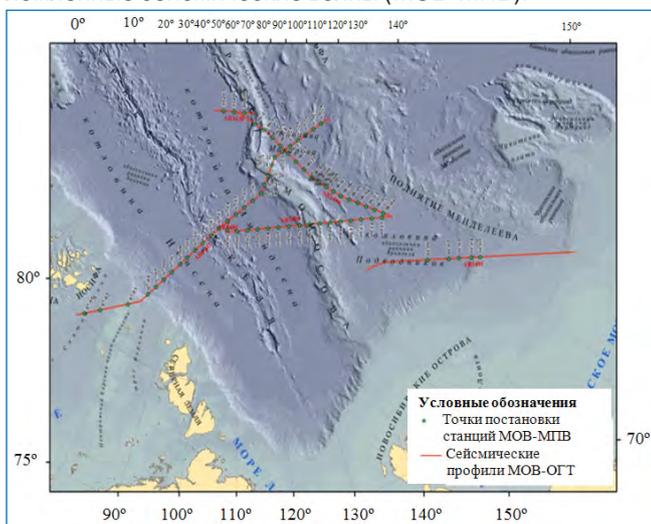


Схема сейсмических профилей МОВ-ОГТ с короткой косой (600 м) с точками зондирования МОВ-МПВ на них в ходе экспедиции «Арктика-2014» в августе–сентябре 2014 г.



Радиотелеметрический буй с гидрофонами.  
Фото С.Н. Табырцы.

В комплексе с сейсморазведкой МОВ-ОГТ участниками экспедиции из ГНИНГИ проводилась надводная гравиметрия и батиметрическая съемка рельефа дна (ООО «Гидро Си») с использованием многолучевого эхолота, установленного на НЭС «Академик Федоров».

Регистрация сейсмических волн при проведении работ методом МОВ-МПВ осуществлялась с использованием радиотелеметрических буюв производства фирмы Fairfield Industries (США), которые выставлялись (сбрасывались) с борта судна каждые 10 км при выполнении сейсморазведки МОВ-ОГТ.

Радиобуи начинали запись приемного сейсмического сигнала по команде, передаваемой по радиоканалу с центральной регистрирующей станции (ЦРС), установленной на экспедиционном судне. Сейсмический сигнал из недр принимался сейсмоприемниками (гидрофонами) буя и передавался по радиоканалу на ЦРС судна, при этом дистанции между буюм и судном достигали 15–26 км. В результате экспресс-обработки на борту судна были сформированы нормализованные сейсмограммы зондирования МОВ-МПВ, которые позволили оценить скорости распространения сейсмических волн в слоях осадочного чехла, выделенных по данным МОВ-ОГТ.

В ходе экспедиции ледокол «Ямал» и НЭС «Академик Федоров» 15 августа 2014 г. пересекли географическую точку Северного полюса, где впервые в истории была выполнена сейсмическая съемка МОВ-ОГТ и зондиро-



Высадка на лед с борта НЭС «Академик Федоров» на Северном полюсе.  
Фото С.Н. Табырцы.



НИС «Николай Трубятчинский».  
Фото Н.Е. Леоновой.

вание методом МОВ-МПВ. Исследования проводились в сложной ледовой обстановке при сплоченности льда 10 баллов, толщинах ледяного покрова до 2,5 м и высотой торосов до 6 м.

Несмотря на все трудности данного рейса — такие, как остановки судна «Академик Федоров» при сжатиях в ледяном покрове и его обколки атомным ледоколом «Ямал», — работы были проведены успешно, а план перевыполнен. Так, было выполнено около 9000 пог. км сейсмических исследований МОВ-ОГТ, гравиметрических наблюдений и гидрографического промера, кроме этого было выставлено 68 радиотелеметрических буев и осуществлено 71 сейсмическое зондирование (буи остались во льдах СЛО).

Необходимо отметить, что успешное выполнение плана исследований было бы невозможно без активной помощи экипажа НЭС «Академик Федоров» (капитан Д.А. Карпенко).

Сейсмические исследования на НИС «Николай Трубятчинский» проводились с 15 сентября по 15 октября

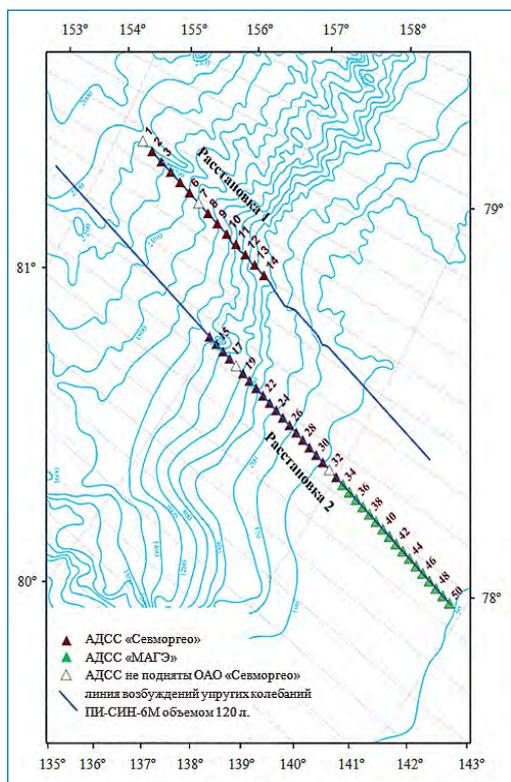
2014 г. Основной задачей работ являлось применение метода глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ), который реализовывался при помощи установки на дно океана двух групп донных сейсмических станций — разработки ОАО «Севморгео» (34 шт.) и ОАО «МАГЭ» (17 шт.). Все работы проводились членами экспедиции ОАО «Севморгео».

Работы ГСЗ проводились для изучения строения земной коры на максимально возможную глубину и включали осадочный чехол и верхнюю часть кристаллического фундамента. Исследования проводились по следующей технологической схеме:

- 1) сброс донных станций с судна в фиксированных координатах;
- 2) возбуждение в водной толще сейсмического сигнала установленным на судне пневматическим источником. Для возбуждения сигнала использовался одиночный пневмоисточник большой мощности типа СИН-6М (разработка ОАО «Севморгео») с объемом камеры 120 л;
- 3) регистрация отраженного сейсмического сигнала из толщи недр донными станциями, установленными на дне моря через равные интервалы (6–8 км);
- 4) подача гидроакустического сигнала с судна на размыкатели донных станций для их всплытия на поверхность;
- 5) всплытие станций, их поиск и подъем на борт;
- 6) первичная обработка информации, полученной с поднятых донных станций.

Работы проводились круглосуточно в сложных погодных условиях; глубина моря достигала 2,5 км. При этом четыре станции (на рисунке — белые треугольники), установленные на северной части расстановки 1, при всплытии попали под ледяной покров и найдены не были.

Таким образом, в ходе экспедиции на НИС «Николай Трубятчинский» в сентябре–октябре 2014 г. было выполнено 34 постановки донных станций ОАО «Севморгео», из которых на 30 станциях была получена качественная сейсмическая запись (3 компоненты — X, Y, Z и гидрофон Н) и 17 постановок и подъемов донных станций ОАО «МАГЭ». На судне же была выполнена и экспресс-обработка данных, после чего материал был передан заказчику.



Донные сейсмические станции на профилях (район работ расположен севернее Новосибирских островов).



Сброс донной сейсмической станции самовсплывающего типа (слева) и пневмоисточник типа СИН-6М (справа) (разработка ОАО «Севморгео»).  
Фото Н.Е. Леоновой.

Слаженная работа судового состава под руководством капитана А.А. Пылина, научного состава экспедиций ОАО «МАГЭ» и ОАО «Севморгео» позволила выполнить сейсмические исследования данного этапа комплексной экспедиции «Арктика-2014» с наименьшими потерями оборудования и получить материалы хорошего качества.

Подводя итоги комплексной геофизической экспедиции «Арктика-2014», необходимо отметить, что она выполнила очередной важный этап в деле изучения строения недр Северного Ледовитого океана. Полученные результаты имеют научную и практическую

ценность как для задач определения внешней границы континентального шельфа России, так и изучения геологической структуры недр океана в целом.

Результаты экспедиции были учтены в Пересмотренной частичной заявке по установлению внешней границы континентального шельфа Российской Федерации в Северном Ледовитом океане, поданной Россией в Комиссию по границам континентального шельфа ООН 4 августа текущего года.

*С.Н. Табырца, Н.Е. Леонова (ОАО «Севморгео»),  
О.Ю. Корнеев (АНИИ)*

### СЕЙСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАД АКВАТОРИЕЙ ОЗЕРА ВОСТОК (ЦЕНТРАЛЬНАЯ АНТАРКТИДА) И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ МЕТОДОМ ПРЕЛОМЛЕННЫХ ВОЛН 60-й РАЭ

Сейсморазведка занимает особое место среди дистанционных геофизических методов, применяемых при изучении подледниковых водоемов в Центральной Антарктиде. По сути, этот метод единственный, который позволяет установить, что подледная среда представлена водным слоем, выполнить прямые измерения его толщины, а также сформировать представление о строении земной коры ниже поверхности ледникового покрова и дна подледникового озера.

Первые сейсмические наблюдения, получившие геологическую интерпретацию, в районе открытого впоследствии, озера Восток были выполнены совместно с гравиметрическими в период 1958–1964 гг. в рамках внутриконтинентальных походов. Задачами исследований тогда являлось измерение мощности ледникового покрова и изучение подледного рельефа. Согласно полученным результатам, мощность ледника в районе станции Восток составляла около 3700 м. На некоторых сейсмограммах ниже границы ледового ложа было зафиксировано второе отражение, которое в то время объяснялось наличием толщи осадочных пород мощностью около 500 м.

Впоследствии в этом районе были получены и другие геофизические данные, указывающие на существование под ледниковым покровом обширного водоема, как опубликованные, так и не получившие в нужное время широкой огласки. Однако комплексное осмысление разрозненных сведений стало возможно только после появления в 1993 г. алтиметрических данных, полученных с помощью спутника ERS-1, по которым была выявлена субгоризонтальная ледовая поверхность, расположенная к северу от российской станции Восток.

С учетом этих данных в 1996 г. на основании повторной интерпретации сейсмических материалов ранних антарктических экспедиций был построен новый разрез, на котором выделялся ледниковый покров мощностью 3700 м, ниже которого располагался водный слой толщиной около 500 м. Тогда же было сделано и предположение о рифтовой природе депрессии, к которой приурочено озеро. Описанный подледниковый водоем было предложено назвать озером Восток. Таким образом, с этого момента подледниковое озеро Восток начало свое существование как общепризнанный географический объект, став одним из крупнейших геогра-

фических открытий второй половины XX века. Тогда же ПМГРЭ в тесном сотрудничестве с РАЭ начала систематические геофизические работы по изучению этого уникального природного феномена. Основными применяемыми методами в то время являлись сейсморазведка методом отраженных волн (МОВ), перед которой стояла задача определения параметров водного тела озера Восток, и радиолокационное профилирование, сосредоточенное на выяснении положения его береговой линии.

На начальном этапе этих работ (1995–2001 гг.) особое внимание уделялось методическим аспектам. Были разработаны уникальные подходы, позволяющие получать качественные сейсмические и радиолокационные данные. Крайне важным научным результатом этого этапа исследований стало инструментальное подтверждение наличия водного слоя в районе станции Восток. Для этого были проведены специальные сейсмические исследования, доказывающие, что подледная среда является именно водным телом. Кроме того, в глубокой ледяной скважине 5Г-1, расположенной на станции Восток, было выполнено вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП) с целью определения акустических параметров ледника, что позволило определить расстояние от забоя до воды и существенно увеличило достоверность и точность всех последующих измерений.

Период изучения озера Восток как географического объекта продолжался до 2008 г. К этому времени было получено достаточно данных, чтобы сформировать целостное представление о рельефе подледной и подводной поверхностей этого района, а также определить параметры водного тела. Несмотря на то, что сейсмо-радиолокационные исследования не были сосредоточены на изучении геологического строения этого района, в процессе получения новых данных неоднократно поднимался вопрос о наличии и особенностях строения осадочного чехла во впадине озера Восток. На многих сейсмограммах ниже поверхности дна фиксировались отражения от более глубоких границ, но методические особенности МОВ не позволяли сделать однозначных выводов.

Поскольку с точки зрения понимания природы и эволюции формирования озера Восток вопрос о наличии