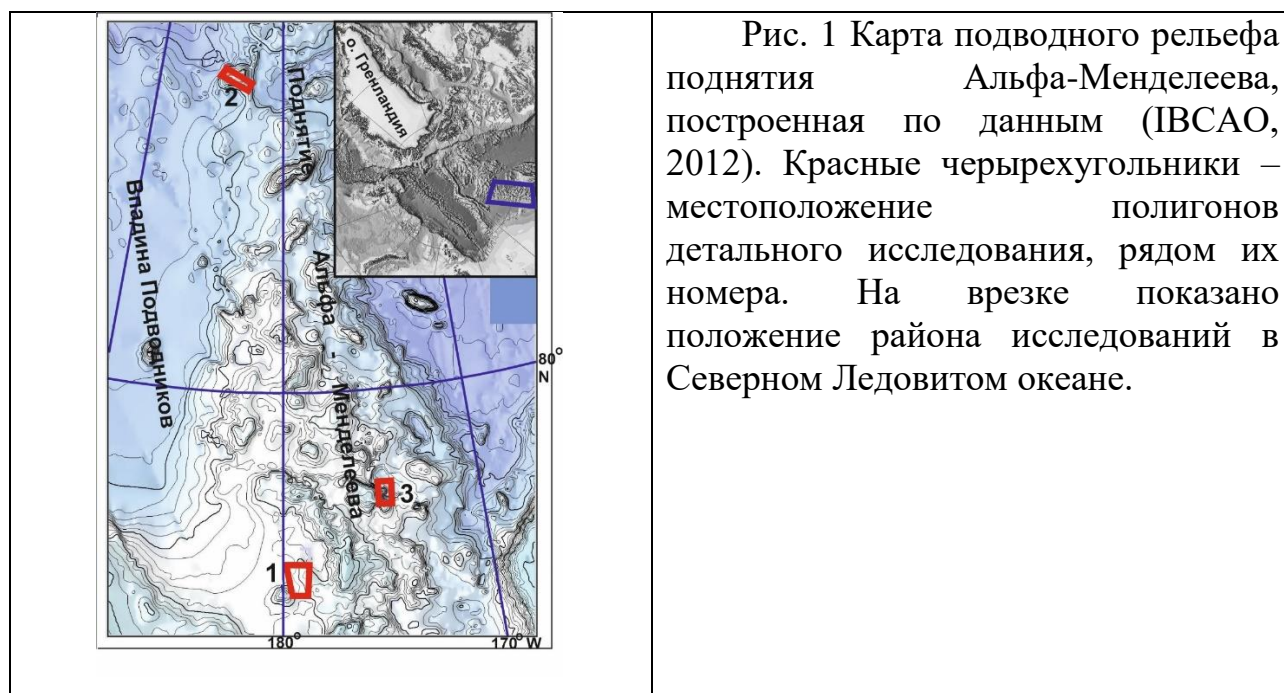


Краткое содержание работы.

Работа была направлена на сбор материалов, усиливающих доказательную базу Российской заявки на установление внешней границы континентального шельфа (ВГКШ) в Северном Ледовитом океане (СЛО), поданную в Комиссию ООН по границам континентального шельфа (далее Комиссия). Концепция Российской заявки исходит из научного понимания, что хребет Ломоносова, поднятие Альфа-Менделеева, Чукотское поднятие и котловина Подводников имеют континентальную природу и являются естественными компонентами материковой окраины РФ. У Комиссии в ходе рассмотрения Российской заявки, созданной на базе батиметрических, геофизических и геологических данных, возникли претензии к геологическим данным. Особенно это касалось доказательства происхождения поднятия Менделеева, поскольку по мнению экспертов Комиссии метод отбора представленных горных пород не устраняет возможность того, что это могут быть продукты ледового разноса. Геологическое строение и происхождение поднятия Менделеева в мировой научной среде являются дискуссионными. Одни исследователи считают, что это океаническое плато, возникшее на океанической коре Американо-Арктического бассейна, раскрывавшегося 150-120 млн лет назад, другие признают его пассивной континентальной окраиной.

Таким образом, для продвижения Российской заявки было необходимо получить неопровержимые доказательства того, что поднятие Менделеева имеет земную кору континентального типа и является продолжением геологических структур шельфа Российской восточной Арктики. Эти две задачи можно решить только получением образцов горных пород из коренных обнажений поднятия Менделеева. Для их решения специалистами Геологического института РАН (ГИН РАН), АО «ГЕОСЛУЖБА ГИН РАН» и Главного управления глубоководных исследований (ГУГИ) МО России (в лице войсковой части 40056) была разработана методология комплексного обследования и опробования дна средствами научно-исследовательской подводной лодки (НИПЛ), принадлежащей МО России. Методология включает 6

последовательных этапов: 1) выбор полигонов пробоотбора; 2) батиметрическая съемка и акустическое профилирование склонов на этих полигонах; 3) визуальные наблюдения и видеодокументирование характера залегания пород; 4) отбор горных пород из коренных обнажений дна, сопровождаемый фиксацией географических координат точки опробования и видеозаписью отбора каждого образца; 5) идентификация и фотодокументация собранных пород; 6) камеральная обработка каменного материала. В 2014 и 2016 гг на НИПЛ были проведены две глубоководные экспедиции в район поднятия Альфа-Менделеева, где на трех полигонах был произведен отбор образцов (Рис. 1). В экспедициях принимал участие геолог, имеющий опыт исследования глубоководных частей Мирового океана. В ходе экспедиций общие подходы детализировались и совершенствовались разработкой методик проведения конкретных геолого-геофизических работ в подводных подледных условиях.



В рамках разработанной методологии основная часть работ проводится средствами НИПЛ, оснащенной многолучевым эхолотом; акустическим профилографом, прожекторами, манипуляторами и видеоаппаратурой (Рис. 2). Перед началом экспедиций специалистами ГУГИ был проведен комплекс организационных и технических мероприятий для адаптации НИПЛ к задачам и условиям проведения комплексных геолого-геофизических работ.

Выбор полигонов для отбора проб проводился на основе анализа сейсмических профилей 2Д, в данном случае полученных в ходе проведения экспедиции «Арктика-2012». Были локализованы участки крупных эскарпов, в пределах которых фундамент поднятия Альфа-Менделеева не перекрыт более молодыми кайнозойскими синокеаническими отложениями.



Рис. 2 Схема устройства ПОА

Перед проведением батиметрической съемки была разработана специальная методика для работы в подводных и подледных условиях, позволяющая строить среднемасштабные карты рельефа дна со 100 % перекрытием площади. Использовался многолучевой эхолот Reson «SeaBat 7150», частота излучения 12 кГц, сектор покрытия до 150°. Скорость звука определялась датчиком SVP-70. Основные параметры съемки следующие: скорость НИПЛ 3,4–6,4 узла, система координат WGS 84 – UTM Zone 60N, точность определения глубины 2 м, межгалсовое расстояние 2600 м. Для определения местоположения НИПЛ во время съемки, а также и при всех последующих работах использовались спутниковая система «ГЛОНАСС» и инерциальная навигационная система. На каждом полигоне выполнялось по 4 - 6 галсов промера, обработка данных велась с помощью программы PDS 2000.

После первой экспедиции была разработана методика анализа батиметрической карты, позволяющая сделать выбор оптимальных профилей маневрирования НИПЛ. Таковыми являются профили, ориентированные вдоль врезов, выработанными грязекаменными потоками, образующими конусы выноса напротив этих врезов. Для определения конкретных участков выходов коренных пород проводилось акустическое профилирование дна с помощью

изделия «Гнейс-НИО-210», обеспечивающего стратификацию осадочных слоев до 50 м в глубину при разрешающей способности по слоям 0,3 м. Оно происходило на скорости 2-3 узла при отстояниях от дна 100-500 м, что позволяло находить уступы дна высотой 1 - 5 м, являющиеся наилучшими участками для отбора пород.

Видеонаблюдение за дном велось непрерывно при движении НИПЛ снизу вверх. Чувствительность видеокамер (5 шт) и мощность прожекторов позволяли устанавливать видеоконтакт с грунтом при среднем отстоянии от дна – 15÷20 м. Видеодокументирование производилось при обнаружении участков дна, представляющих интерес для геологической интерпретации объекта, а также при отборе образцов. Отстояние от дна при этом снижалось до 1-5 м. Была разработана схема наговора - устных комментариев, которыми сопровождалась видеозапись, она включала сообщения о текущих времени, глубине, координатах и отстоянии от дна. В случае записи геологического объекта сообщалось также о слоистости, трещиноватости, элементах залегания с оценкой размеров составных частей объекта; в случае отбора образца - о размере, цвете, форме, его номере, а также номере контейнера, в который был положен данный образец. На основе данных по видеодокументированию были смонтированы видеофильмы, посвященные отбору образцов, характеристике обнажений и типичных фрагментов склона.

Непосредственно отбор образцов горных пород, классифицируемых геологом как заданные объекты, проводился манипуляторным устройством. Он производился следующими основными способами (Рис. 3): 1) отламывание образцов от уступов; 2) взятие образцов, естественно выпавших из уступов и скопившихся на его террасах и в основании (курумники); 3) вытаскивание образцов из уступов, разбитых трещинами на блоки разных размеров. При необходимости применялся специальный ломик. Образцы пород были получены с глубин в диапазоне от 2600 м до 1100 м на всех трех полигонах.

Первичная идентификация образцов производилась после их выемки из контейнеров, окончательная – после изучения их шлифов под микроскопом и

определения химического состава, произведенных в лабораториях ГИН РАН. Было установлено, что в коллекции из 90 образцов присутствуют доломиты, кварцитопесчаники, вулканиты, известняки, песчаники, габбро. Среди магматических пород выделены 2 группы: 1) базальты (полигон 1) и габбро (полигон 2) нормальной щелочности, 2) трахибазальты, трахиандезиты,

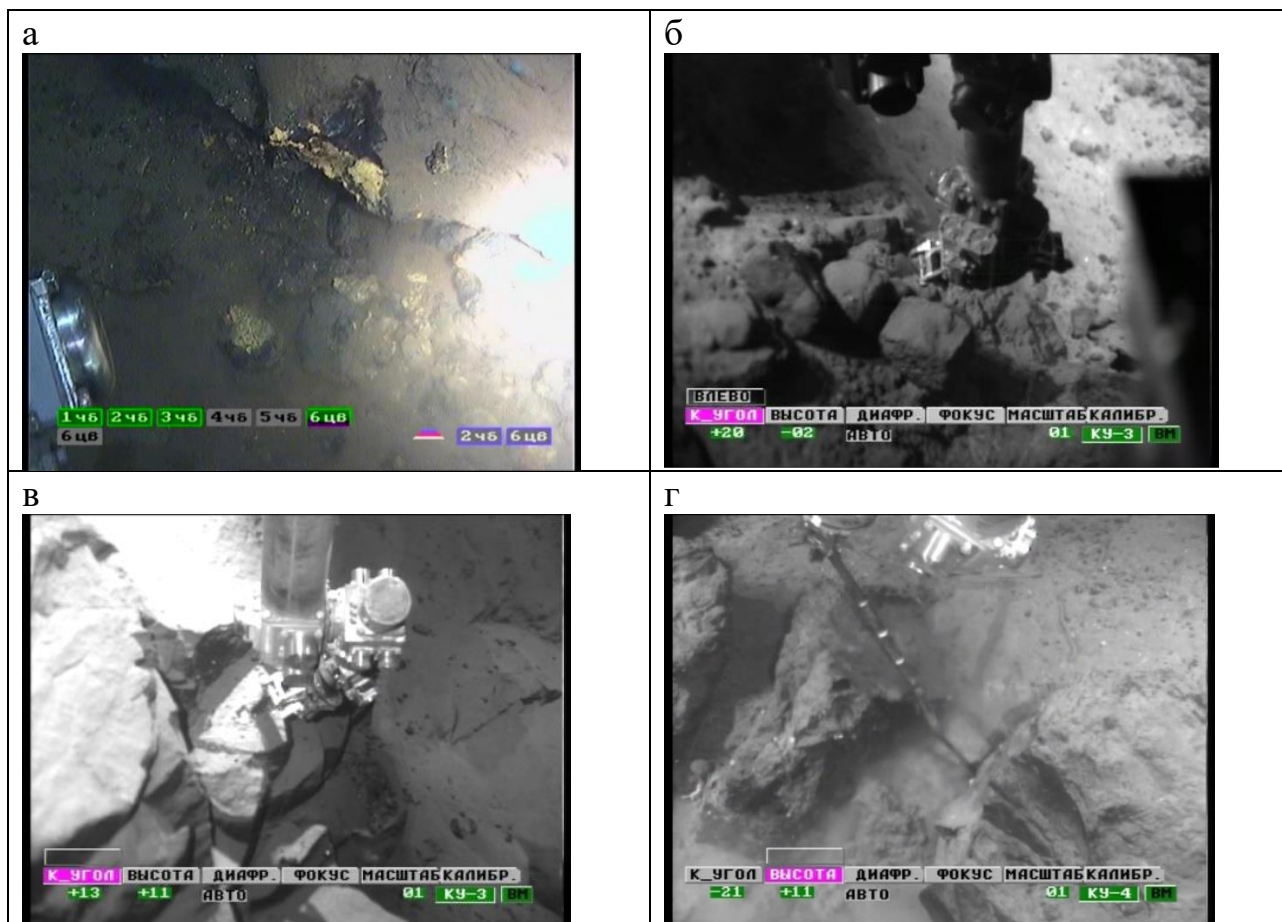


Рис. 3 Способы взятия образцов манипуляторным устройством: а) отламывание, б) подбор из курумника, образовавшегося на террасе уступа, в) вытаскивание, е) расшатывание и откалывание ломиком.

трахиандезибазальты и их туфы умеренной щелочности, распространенные на всех трех полигонах.

Возраст магматических пород устанавливался методами изотопной геохронологии. Для вулканитов умеренной щелочности это U/Pb метод определения возраста зерен циркона, выделенных из этих пород. Измерения производились на ионном микрозонде SHRIMP-RG в Австралийском университете (г. Канберра). Проведенные исследования позволяют установить

возраст пород этой группы в 110 - 114 млн лет (ранний мел). Возраст пород нормальной щелочности определен измерением отношения $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ в выделенных из них клинопироксенах. Облучение зерен проводилось в реакторе ФТИ ТПУ (г. Томск), измерение - на масс-спектрометре «Micromass 5400» в ФГБУН Институт минералогии и геологии СО РАН, г. Новосибирск. Определен возраст всех габбро с г. Трукшина (полигон 2) и одного базальта с полигона 1. Два габбро имеют позднедокембрийский возраст 776.4 ± 7.0 и 775.7 ± 19.2 млн лет, у базальта он докембрийский, но иной - 695.6 ± 7.9 млн лет, еще у одного габбро – раннекаменноугольный: 354.6 ± 2.1 млн лет.

Условия образования магматических пород рассмотрены на основании анализа их изотопно-геохимических данных. Концентрации редких элементов измерены в химико-аналитической лаборатории ГИН РАН методом ИСП МС с использованием масс-спектрометра “Element2” (Германия), отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и $^{144}\text{Nd}/^{143}\text{Nd}$ - в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ МПРиЭ (г. Санкт-Петербург). По возрасту, составу и изотопно-геохимическим параметрам умеренно-щелочные вулканиты поднятия Альфа-Менделеева близки и принадлежат внутриплитным вулканитам, широко распространенным на Циркум-Арктических островах, относимых к высокоширотной магматической провинции HALIP, формировавшейся в течение раннего и позднего мела в результате подъема крупного плюма из глубинной мантии. Их расплавы ассимилировали вещество континентальной коры и захватили древние цирконы, в том числе, позднеархейского возраста.

Позднедокембрийские магматические породы нормальной щелочности связаны с рифтовыми формациями континента и по времени образования соотносятся с байкальской эпохой орогенеза. В Восточной Арктике байкалиды распространены только на территории России в фундаменте острова Врангеля.

Возраст осадочных пород определялся по видовому и родовому разнообразию палиноморф, фораминифер, конододонтов, криноидей, брахиопод и сколекодонтот. Большинство определений сделано сотрудниками ГИН РАН и ВСЕГЕИ МПРиЭ (г. Санкт-Петербург). По итогам определения

выделены три стратиграфических горизонта: верхний ордовик-силур (420 – 460 млн лет), средний – верхний девон (360 – 393 млн лет) и нижний мел (баррем-атп, 113 – 130 млн лет). Породы первых двух горизонтов сформировались раньше, чем произошло раскрытие Американо-Азиатского океанического бассейна.

Восстановление условий образования осадочных пород опиралось на их литолого-фациальный анализ с привлечением данных об их химическом составе и палеонтологических остатках. Было выяснено, что палеозойские породы сформировались в прибрежных мелководных обстановках тропического моря, окаймляющих карбонатные платформы, соседствующие с участками речного стока. Сходные палеоклиматические и палеоландшафтные условия осадконакопления в это время были характерны для Сибирской платформы, Новосибирских островов, о. Врангеля. В соответствии с химическим составом песчаников накопление всех осадочных толщ происходило во внутрикратонных осадочных бассейнах.

Таким образом, результаты изучения возраста и условий образования как магматических, так и осадочных пород однозначно доказывают континентальную природу фундамента поднятия Менделеева.

Принимая во внимание характер залегания, а также на каких глубинных уровнях и совместно с какими породами были встречены образцы, возраст которых был определен, был составлен сводный геолого-стратиграфический разрез поднятия Менделеева и прилегающих частей хребта Альфа, представленный на Рис. 4. Разрез состоит из *нижней толщи* поздний ордовик-позднесилурийского возраста мощностью 180 - 500 м, сложенной доломитами, кварцито-песчаниками и известняками; *средней толщи* средне-позднедевонского возраста мощностью около 100 м, образованной известняками и песчаниками; и *верхней толщи* раннемелового возраста мощностью 100-150 м, состоящей из песчаников, туфов и лав трахибазальтового и трахиандезибазальтового состава. Основанием осадочных толщ является *кристаллический фундамент*, представленный базальтами и габбро нормальной щелочности позднедокембрийского возраста. Две нижних толщи секутся породами

субвулканического комплекса: силлами и, возможно, дайками, двух возрастных генераций: раннепалеозойскими базальтами и раннемеловыми трахиандезитами.

Реконструированный разрез однозначно свидетельствует о том, что поднятие Менделеева является продолжением геологических структур шельфа Российской Арктики, поскольку только здесь на о. Врангеля встречены байкалиды, в других районах Арктики их нет. Наиболее близок этот разрез разрезу палеозойских отложений Новосибирские острова и о. Врангеля.

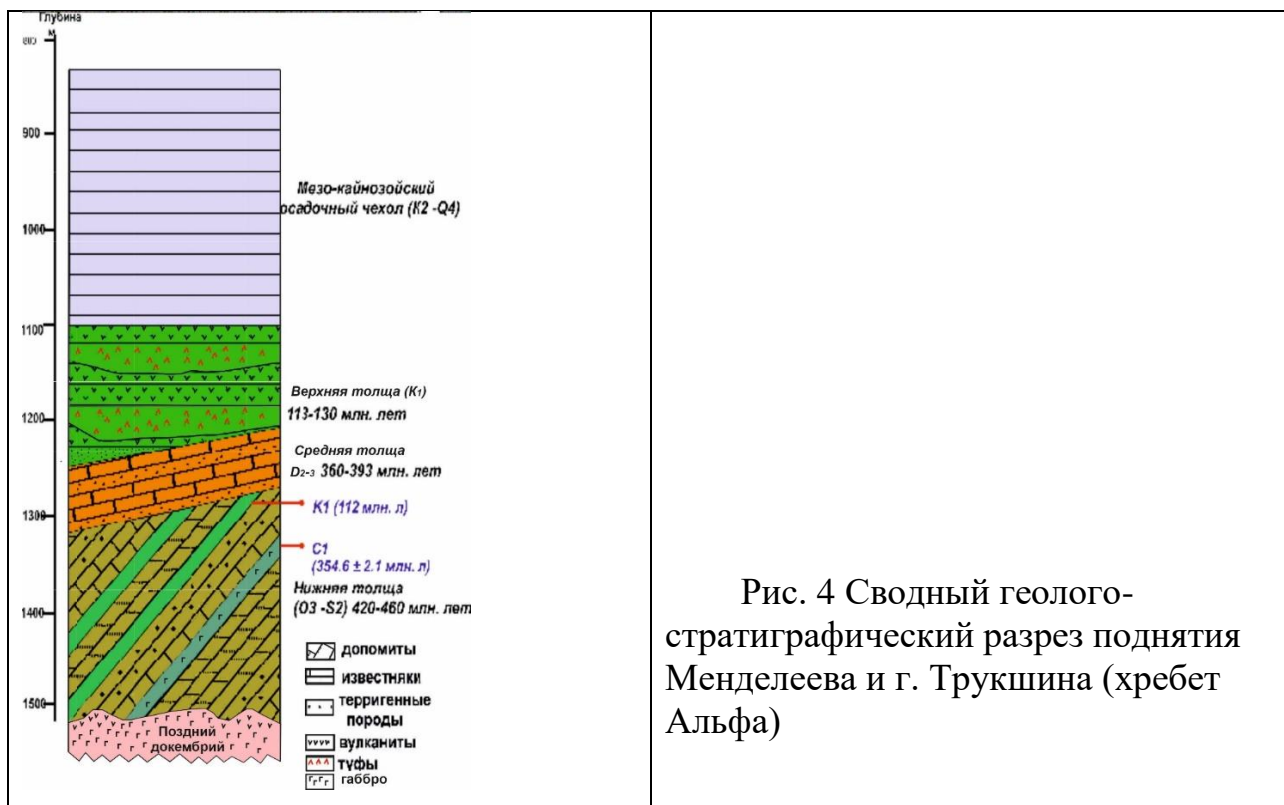


Рис. 4 Сводный геолого-стратиграфический разрез поднятия Менделеева и г. Трукшина (хребет Альфа)

Таким образом, **основная научно-техническая идея проекта** это использование арсенала средств НИПЛ ГУГИ МО России, адаптированного под решение геолого-геофизических задач, для сбора в тяжелых подледных условиях донно-каменного материала из коренных обнажений склонов поднятия Менделеева, при участии геолога, имеющего опыт работ по комплексному геолого-геофизическому изучению глубоководных районов Мирового океана, и последующая обработка полученных материалов в объеме и качестве достаточных для составления геологического разреза поднятия Менделеева и выяснения времени и условий образования пород, слагающих этот разрез.

В ходе реализации этой идеи ожидаемые результаты были достигнуты, привлечены для усиления Российской заявки и доложены на 47-й сессии Комиссии в 2018 г. На 49-й сессии Комиссия заключила, что именно тот метод отбора пород, который был применен в экспедициях 2014 и 2016 гг. с видеодокументированием момента отбора, позволил исключить возможный ледовый разнос этих образцов. В официальной ноте Комиссии после 57-й сессии в 2023 г. была зафиксирована принадлежность поднятия Менделеева сухопутной части России в Арктике. Таким образом, важнейшим **практическим достижением** проделанной работы является то, что ее результаты имеют ключевое значение для утверждения Российской заявки Комиссией ООН.

Проведенные работы были направлены на решение одной из наиболее **актуальных** геополитических задач России в XXI веке. Выбранный способ ее решения **впервые применен в мировой практике**, он не имеет аналогов, поскольку ни у одной из стран кроме России нет такой НИПЛ. Разработанные многочисленные методики многоцелевого использования НИПЛ для решения геологических задач показали свою **эффективность и дали 100% результат**.

Из решения Комиссии ООН следует, что Россия получает суверенные права на континентальный шельф СЛО, расширенный более, чем на 1,6 млн км² для разработки его биоресурсы и минеральных ресурсов морского дна и его недр. Высока вероятность увеличения ресурсной базы углеводородного сырья (на 28%). Рост загрузки Северного морского пути, формирование транспортной инфраструктуры в акватории расширенного шельфа обеспечит спрос на высокотехнологичную продукцию и в конечном итоге приведет к расширению рынка труда, повышению ВВП России и благосостояния ее населения.

Непосредственная экономия от проведения этих работ составила не менее 3 356 000 000 рублей, столько стоит бурение трех скважин на поднятии Менделеева при постоянном ледокольном сопровождении, вместо которых было произведено опробование на трех полигонах.