

ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УЧАСТКА ИССЛЕДОВАНИЙ
В РАЙОНЕ ЦЕНТРАЛЬНО-КАРСКОГО ЖЕЛОБА. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ
РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-21

GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL FEATURES OF THE CENTRAL KARA
TROUGH RESEARCH AREA. PRELIMINARY RESULTS OF THE TTR-21 EXPEDITION

**Аксенов Алексей Олегович¹, Бирюк Мария Александровна¹, Гершман Милена
Олеговна¹, Карам Жорж Симонович¹, Киль Анна Олеговна², Кудинов Артем
Анатольевич^{1,2}, Неуважаева Милена Дмитриевна³, Никонова Екатерина Николаевна⁴,
Пальцев Илья Олегович¹, Пирогова Анастасия Сергеевна³**

¹ Санкт-Петербургский Государственный Университет, Санкт-Петербург

² ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург

³ Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Москва

⁴ Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург

**Aksenov Aleksei Olegovich¹, Biriuk Mariia Aleksandrovna¹, Gershman Milena
Olegovna¹, Karam Zhorzh Simonovich¹, Kil Anna Olegovna², Kudinov Artem Anatolevich^{1,2},
Neuvazhaeva Milena Dmitrievna³, Nikonova Ekaterina Nikolaevna⁴, Paltsev Ilya Olegovich¹,
Pirogova Anastasia Sergeevna³**

¹ Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg

² FSBI «VNIIOkeangeologia», Saint-Petersburg

³ M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow

⁴ Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg

Введение

С 20 июля по 23 августа в акватории Карского моря на научно-исследовательском судне «Академик Борис Петров» были проведены геолого-геоморфологические исследования дна в рамках экспедиции TTR-21 («Training Trough Research»). В том числе, было изучено строение четвертичного покрова и рельефа Центрально-Карского желоба. В его пределах были выполнены два ключевых участка (КУ): «Limacina» (восточная часть желоба) и «Kasania» (центральная часть желоба) (рис. 1). В рамках экспедиции были поставлены следующие задачи: уточнение границы ледников последнего (сарганского) оледенения, выявление признаков газопроявления и флюидоразгрузки, а также особенностей подводного рельефа.

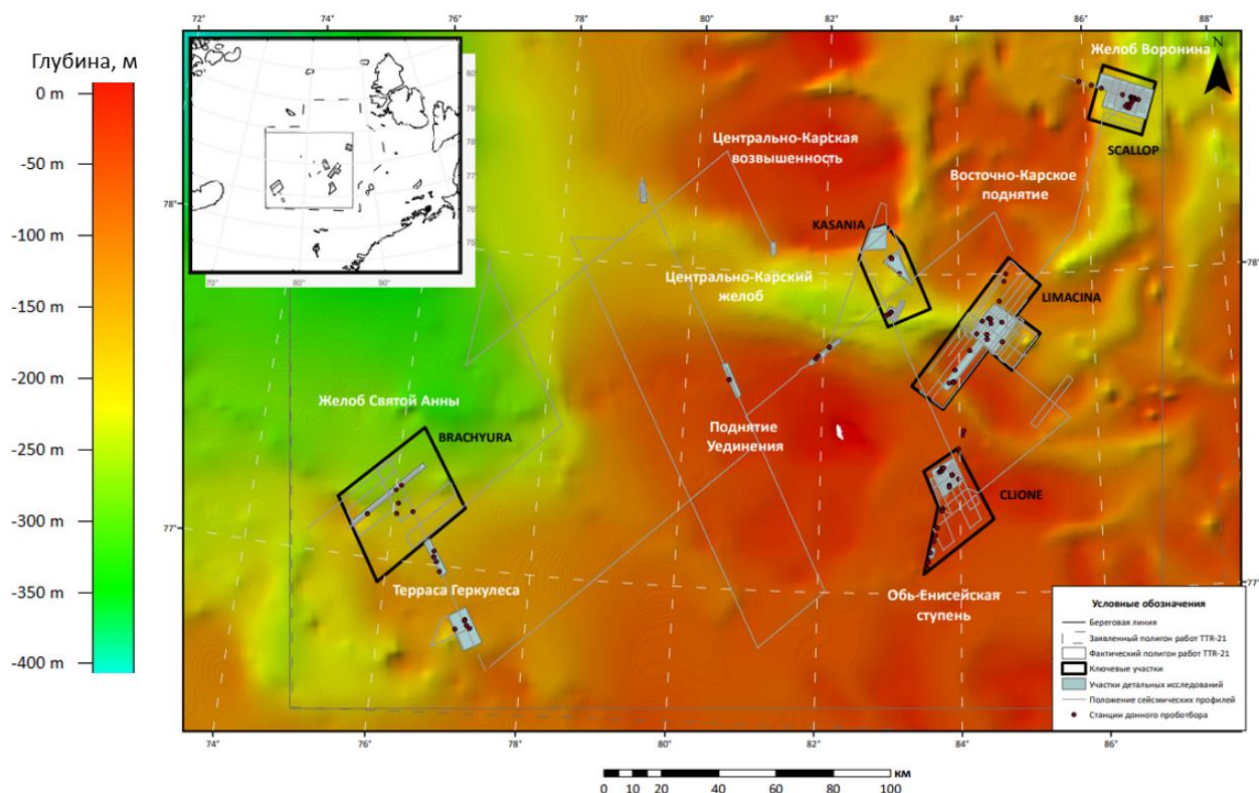


Рис 1. Карта фактического материала экспедиции ТТР-21, наложенная на цифровую батиметрическую модель ИВСаО [https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/arctic_ocean/]. В границах Центрально-Карского желоба расположены полигоны «Kasania» и «Limacina»

Данные и методы

Комплекс работ включал в себя геологический пробоотбор, сейсморазведку сверхвысокого разрешения (ССВР), акустическое профилирование (АПр) и многолучевое эхолотирование (табл. 1).

Таблица 1. Объём выполненных работ на КУ «Limacina» и «Kasania»

Виды работ	КУ «Limacina»	КУ «Kasania»
Сейсморазведка сверхвысокого разрешения (ССВР), количество профилей	85	22
Сейсморазведка сверхвысокого разрешения (ССВР), суммарная длина профилей (км)	1016,56	386,7
Выполнение гидрографической съемки дна способом площадного обследования многолучевым эхолотом, км ²	388,07	126,01
Акустическое профилирование (АПр), количество профилей	123	79
Акустическое профилирование (АПр), суммарная длина профилей (км)	1129,3	514,5
Количество станций донного пробоотбора, шт.	24	8

Уточнение границ сартанского оледенения

В ходе проведения данных работ на исследуемых КУ были обнаружены комплексы форм, связанных с ледниковой и водно-ледниковой деятельностью. К ним относятся: краевые ледниковые гряды, озовые гряды, эрозионные ложбины стока талых ледниковых вод. Характерной особенностью данных форм являются их небольшие размеры: высоты/глубины варьируются в пределах 2-10 м. На этом фоне выделяются более крупные гряды высотой ~30 м. По характеру сейсмической записи они были обозначены как гляциодислоцированные гряды. На основе положения ледниковых форм на обоих КУ была установлена максимальная граница положения сартанских ледников. Мы сравнили положение границы с моделями, представленными в [Hughes et al., 2015; The Northern Pleistocene of Russia, 2020; Костин, Орго, 2013]. Установлено, что на КУ «Limacina» граница оледенения проходит на 45 км южнее, чем в реконструкции [Hughes et al., 2015]. На КУ «Kasania» краевое положение ледников реконструировано между границей по [Hughes et al., 2015] и [The Northern Pleistocene of Russia, 2020]. В реконструкции, предложенной в [Костин, Орго, 2005], площадь распространения сартанских ледников недооценена.

Признаки газопроявления и флюидоразгрузки

Применение комплекса геофизических и гидроакустических методов позволило выявить признаки зон флюидоразгрузки как в разрезе, так и в рельефе. На сейсмическом разрезе подобные признаки проявляются как зоны потери корреляции, подходящие непосредственно к поверхности дна. На КУ «Kasania» такие зоны наблюдались в нижних слоях морских позднеплейстоценовых осадков. Также признаки сипения наблюдались на записи водного столба многолучевого эхолота. Они проявлялись в виде струй или облаков, отрывающихся от ложа. Кроме того, многолучевое эхолотирование позволило выделить формы донного рельефа, связанные с флюидоразгрузкой. На КУ «Limacina» такими формами стали мелкобугристые скопления, представляющие из себя столбцы из плотно сцементированных пород, высотой 1-2 м. На КУ «Kasania» были идентифицированы покмарки (воронкообразные понижения), глубиной до 1 м, диаметром до 30 м. Предполагается, что зоны флюидоразгрузки связаны с разломами, которые выражаются как геоморфологически, так и геофизически.

Геоморфологические особенности

Одной из основных особенностей строения бортов Центрально-Карского желоба является наличие переуглубленных долин, рельеф которых характеризуется следами мощных денудационных процессов. Современное осадконакопление в них практически не наблюдается, за исключением борозд и западин, в которых были отобраны голоценовые осадки. Долины выходят непосредственно к Центрально-Карскому желобу. Относительная глубина долины на КУ «Limacina» составляет 73 м с глубиной врезания до 200 м. Долина на КУ «Kasania» имеет относительную глубину 36 м и глубину врезания до 100 м.

Борта желоба также характеризуются наличием серии абразионных и аккумулятивно-абразионных морских террас. Нижние террасы выработаны в ледниково-морских и морских позднеплейстоценовых отложениях, в то время как верхние – в коренных породах склонов палеогеновых останцов. Выделяются террасы, залегающие на глубинах от 135 до 70 м. Вероятно, эти террасы связаны с постепенной регрессией приледникового водоема после отступления ледников.

Для изучаемого района также характерно распространение погребенных врезов. На КУ «Limacina» врезы ориентированы на запад и на северо-запад. На «Kasania» погребенные врезы

не поддаются корреляции в связи с малым количеством данных. Выделяются два типа врезов. Первые имеют большую глубину врезания (до 100 м), акустически прозрачная или полупрозрачная запись, полное отсутствие корреляции с современным рельефом дна, а также прослеживание слоистости из вмещающих врез толщ. Второй тип характеризуется малой глубиной врезания (до 30 м) и также имеет акустически прозрачную или хаотическую запись.

Заключение

В результате проведенных работ был получен принципиально новый материал о строении дна Карского шельфа. Комплексное применение геолого-геофизических методов, таких как ССВР, АПр, многолучевое эхолотирование, геологический пробоотбор, позволило выполнить все поставленные цели экспедиции. Была проведена граница сарганского оледенения по положению краевых ледниковых форм; обнаружены зоны флюидоразгрузки, размещенные по активным разломам; выделены характерные черты геоморфологического строения Центрально-Карского желоба.

Благодарности и финансирование

Авторы благодарят руководителей экспедиции ТТР-21 Токарева М.Ю., Полудеткину Е.Н., Рыбалко А.Е., Потемку А.К., а также экипаж НИС «Академик Борис Петров».

Экспедиционные работы выполнялись при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках:

- плана-программы экспедиционных исследований МГУ имени М.В. Ломоносова по теме «Особенности четвертичного седиментогенеза, рельефообразования и природной флюидоразгрузки на морском дне в северо-восточной части Карского моря» и «Обучение-через-исследования на Арктическом шельфе»;
- государственного задания Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет) «Дополнительное обеспечение системы образования в области морских наук – подготовка молодого кадрового резерва по научно образовательной программе «Плавающий университет» на основе комплексных исследований морей России и Мирового океана».
- государственного задания ИО РАН «Обеспечение проведения научных исследований, а также экспериментальных разработок».

Список литературы

1. *Костин Д.А., Орго В.В.* Карта четвертичных образований: Т-41-44 (м. Желания). Государственная геологическая карта Российской Федерации. Третье поколение. Северо-Карско-Баренцевоморская серия, масштаб 1 : 1 000 000. / под ред. Лопатин Б.Г. ОАО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция», ФГУНПП «Полярная морская геологоразведочная экспедиция». – 2005.
2. *Hughes A.L.C., Gyllencreutz R., Lohne Ø.S., Mangerud J., Svendsen J.I.* The last Eurasian ice sheets – a chronological database and time-slice reconstruction, DATED-1 // *Boreas* – 2015. – Vol. 45, No. 1 – P. 1-45.
3. *The Northern Pleistocene of Russia. Ed. Astakhov V.I.*: Cambridge Scholars Publishing. – 2020. – 608 p.
4. https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/arctic_ocean/