

## ПРИМЕРЫ ПРОЯВЛЕНИЯ КРИОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ОКРЕСТНОСТИ ОСТРОВА УЕДИНЕНИЯ (КАРСКОЕ МОРЕ)

<sup>1,2</sup>Токарев М.Ю., <sup>2</sup>Буланова И.А., <sup>1</sup>Шиндина Н. Е., <sup>1</sup>Томасенко С. В., <sup>1</sup>Уголькова Е. А.,  
<sup>1,2</sup>Пирогова А.С., <sup>3</sup>Рыбалко А.Е.

<sup>1</sup>МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>2</sup>ООО «ЦАСД МГУ имени М.В. Ломоносова», Москва, Россия

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

В экспедиции ТТР-21 в северо-восточной части Карского моря были проведены комплексные геолого-геофизические исследования. В работе представлены результаты анализа верхней части разреза участка детальных исследований в окрестности острова Уединения. По данным ряда гидроакустических и сейсмоакустических методов были обнаружены признаки воздействия криогенных процессов на исследуемом участке. Морфология и характер распространения обнаруженных структур и форм рельефа свидетельствуют о различных механизмах формирования, связанных с возможным наличием многолетней мерзлоты в прошлом.

Ключевые слова: *шельф, Карское море, сейсмозащита, гидроакустика, криогенные процессы*

**Введение.** Участок исследований расположен на Северо-Карском шельфе, в окрестности острова Уединения. Геологическое строение района изучено еще очень слабо [Геологическая..., 2013; Малышев и др., 2012; Drachev et al., 2010]. Летом 2022 г. в ходе экспедиции ТТР-21 на данном участке были проведены геолого-геофизические исследования, направленные на комплексное изучение верхней части разреза. Комплекс исследований включал в себя ряд сейсмоакустических и гидроакустических методов (ССВР, АПр, МЛЭ) и донный пробоотбор. Общая площадь ключевого участка составила 544 км<sup>2</sup>, в его состав были включены две детальные площадки (северная – 87 км<sup>2</sup>; южная – 5 км<sup>2</sup>) и сеть региональных профилей. Основная часть полученной информации была сконцентрирована на северной детальной площадке.

**Результаты.** На полигоне наблюдается большое разнообразие форм рельефа. Наиболее ярко выраженными формами рельефа являются приповерхностные врезы, частично заполненные осадками. В северной части углы наклона склона достигают 15°. Глобально на детальном полигоне исследований выделяются два поднятия в рельефе дна, которые могут являться эрозионно-аккумулятивной поверхностью субэвразального происхождения, измененной абразионными процессами. Стоит отметить, что только на данных повышениях распространены борозды ледового/айсбергового выпаживания. Центральная часть находится гипсометрически ниже и отделена от поднятий эрозионными долинами. На западном поднятии уверенно выделяется останец предположительно дочетвертичных отложений, который имеет неровную форму в плане и отчетливо виден на всех типах данных (МЛЭ, АПр, ССВР). Исходя из мозаики backscatter можно предположить, что данная форма сложена более плотными отложениями.

В центральной части наблюдается несколько различных форм рельефа, которые могут быть связаны с воздействием криогенных процессов. Так, к примеру, выделяются термокарстовые котловины диаметром до 200 м и глубиной от 1 до 10 м.

Севернее наблюдается сеть линейно вытянутых непротяженных бугров небольшой высоты. Данные формы рельефа имеют следующие геометрические параметры: диаметр 40-80 м, высота < 2 м, протяженность (для линейно вытянутых) до 250 м преимущественно в северо-восточном направлении. По их сечению на временном разрезе АПр видно, что данные положительные формы образованы за счёт выпирания нижележащей слоистой, местами деформированной толщи. Данные формы могут интерпретироваться как структуры, подобные буграм пучения.

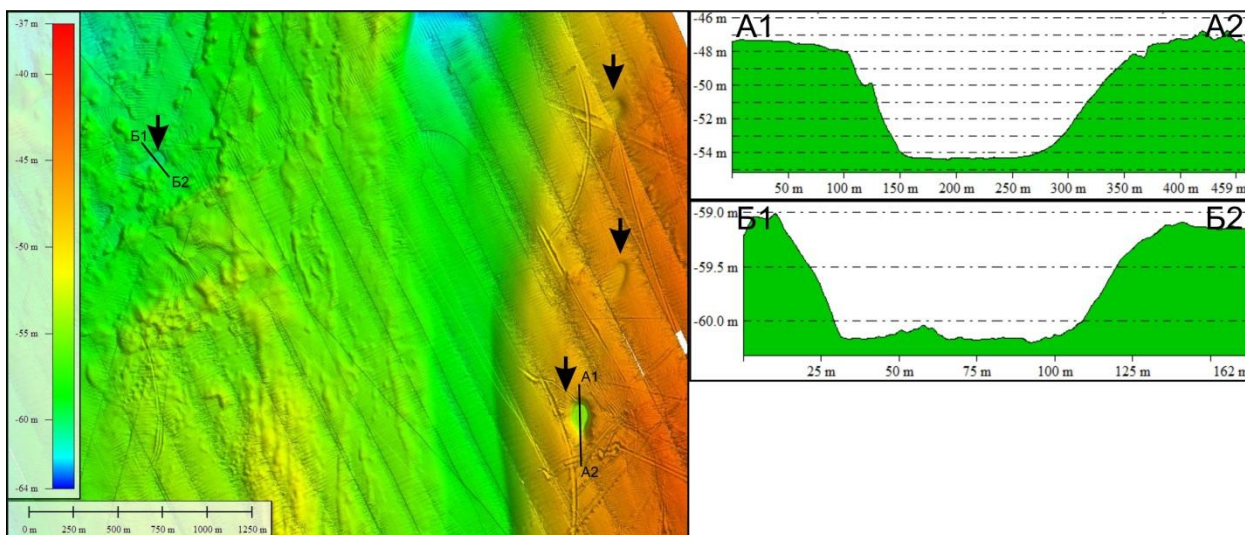


Рис. 5. Фрагмент данных МЛЭ с термокарстовыми впадинами

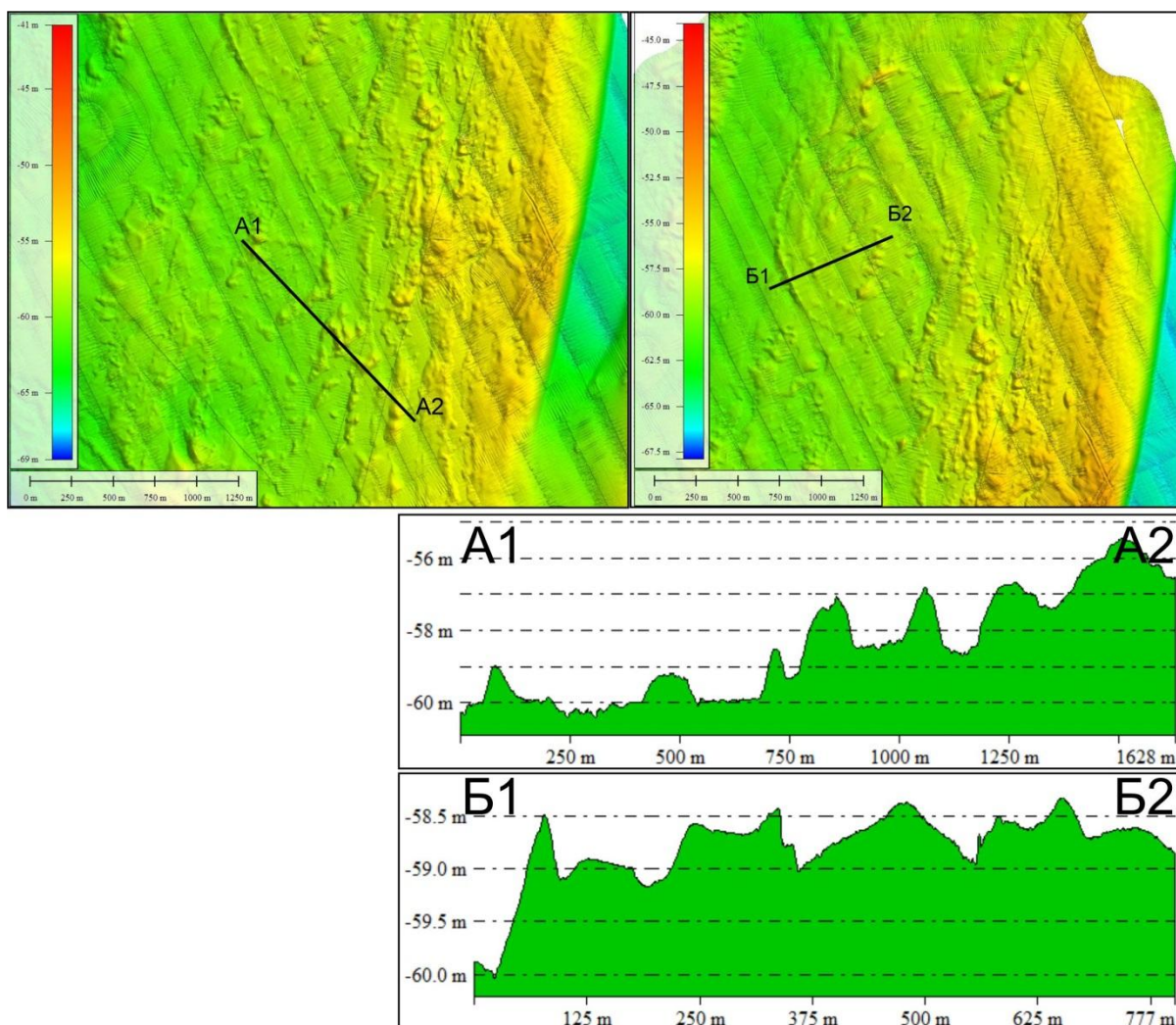


Рис. 6. Фрагмент данных МЛЭ с примером бугристого рельефа

Далее на север описанные выше гряды резко сменяются зоной распространения изометричных отрицательных форм рельефа, диаметром 30-50 м и глубиной менее 0.5 м. Предположительно, данные формы могут являться следами полигональных структур,

также образованных вследствие воздействия криогенных процессов. Подобный рельеф встречается и на берегах Арктических морей.

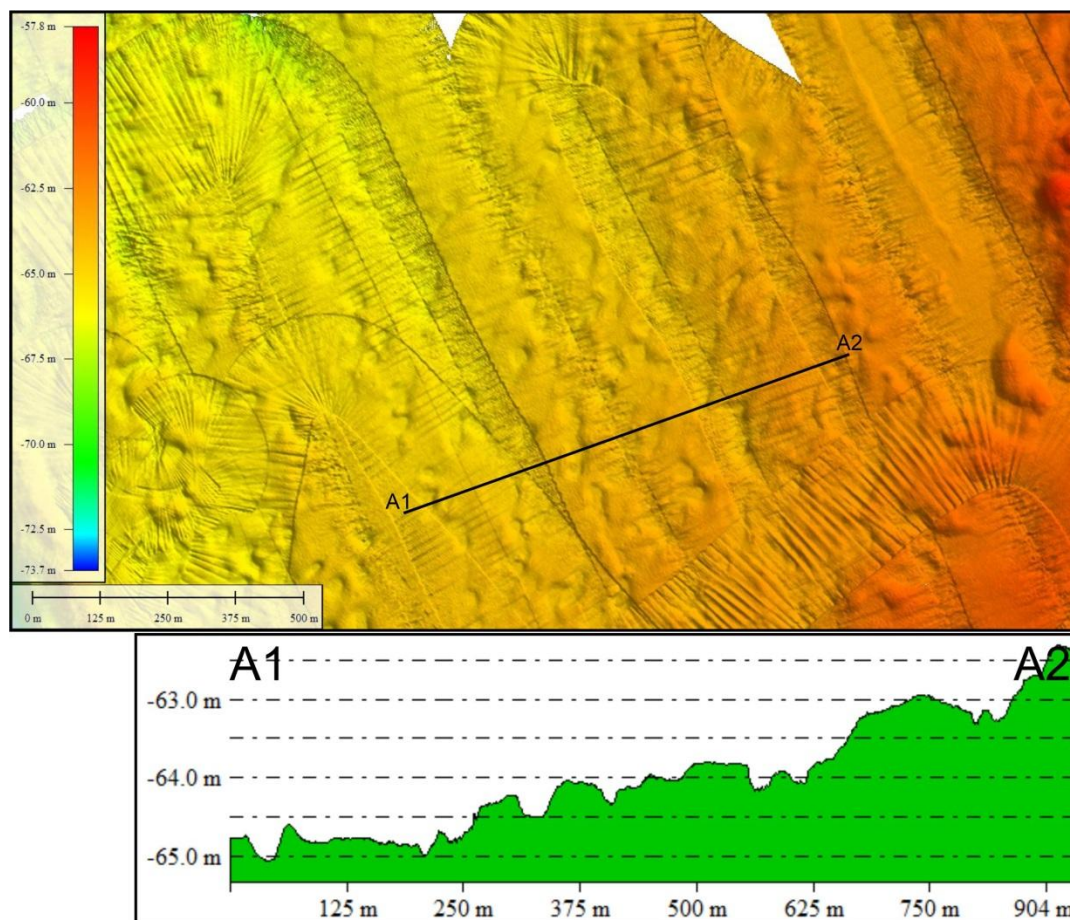


Рис. 7. Фрагмент данных МЛЭ с примером полигонального рельефа

Кроме того, в южной части полигона на данных ССВР в толще, соответствующей дочетвертичным отложениями, наблюдается непротяженная амплитудная аномалия прямой полярности. Анализ скоростей в данной области показал резкий скачок значений скорости.

**Заключение.** Таким образом, в рельефе дна отмечается структуры, морфологические особенности которых позволяют отнести их к посткриогенным образованиям. Некоторые публикации описывают существование мерзлоты в Карском море, а также на ряде островов. Также на разрезах отмечены некоторые косвенные признаки воздействия криогенных процессов в прошлом. К примеру, обширные области миграции флюида, которые отмечаются на разрезах как зоны потери корреляции, экранирующие нижележащий разрез, могут быть следствием деградации мерзлоты. Работа направлена на комплексную интерпретацию участка исследований, понимание происхождения отдельных объектов участка, а также общее понимание процессов, происходящих на данном участке акватории в прошлом.

## ЛИТЕРАТУРА

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Северо-Карско-Баренцевоморская. Лист Т-41-44 – мыс Желания. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013

Малышев Н.А., Никишин В.А., Никишин А.М., Обметко В.В., Мартиросян В.Н., Клещина Л.Н., Рейдик Ю.В. Новая модель геологического строения и истории

формирования Северо-Карского осадочного бассейна // Доклады РАН. 2012. Т. 445. № 1. С. 50-54.

*Drachev S.S., Malyshev N.A., Nikishin A.M.* Tectonic history and petroleum geology of the Russian Arctic Shelves: An overview // Petroleum Geology Conference Proceedings. Geological Society. London, 2010. doi: 10.4043/22063-MS

### **EXAMPLES OF THE MANIFESTATION OF CRYOGENIC PROCESSES IN THE SURROUNDINGS OF UEDINENIYA ISLAND (KARA SEA)**

<sup>1,2</sup>*Tokarev M.Yu.*, <sup>1</sup>*Bulanova I.A.*, <sup>2</sup>*Shindina N.E.*, <sup>2</sup>*Tomasenko S.V.*, <sup>2</sup>*Ugolkova E.A.*, <sup>1,2</sup>*Pirogova A.S.*, <sup>3</sup>*Rybalko A.E.*

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Seismic Data Analysis Center, Moscow, Russia

<sup>3</sup>St. Petersburg State University, St. Petersburg

During the TTR-21 expedition in the northeastern part of the Kara Sea, complex geological and geophysical studies were carried out. The paper presents the results of the analysis of the upper part of the section of the site of detailed studies in the vicinity of Uedineniya Island. According to a number of hydroacoustic and seismoacoustic methods, signs of the impact of cryogenic processes in the study area were found. The morphology and nature of the distribution of the discovered structures and landforms indicate different formation mechanisms associated with the possible presence of permafrost in the past.

Keywords: *shelf, Kara Sea, seismic survey, hydroacoustics, cryogenic processes*