

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕДОВО-ЭКЗАРАЦИОННОГО РЕЛЬЕФА ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАРСКОГО МОРЯ И СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В 51 РЕЙСЕ НИС «АКАДЕМИК БОРИС ПЕТРОВ»

<sup>1,2</sup>Кокин О.В., <sup>1,2</sup>Архипов В.В., <sup>1,3</sup>Мещеряков Н.И., <sup>4</sup>Ананьев Р.А., <sup>5</sup>Слуковский З.И.,  
<sup>1</sup>Сухих Е.А.

<sup>1</sup>Геологический институт РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия

<sup>3</sup>Мурманский морской биологический институт РАН, Мурманск, Россия

<sup>4</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

<sup>5</sup>Институт проблем промышленной экологии Севера РАН, Апатиты, Россия

Представлены предварительные результаты изучения рельефа и отложений ледово-экзарационного форм юго-западной части Карского моря, проведенного в ходе 51-го рейса НИС «Академик Борис Петров». Работы по съемке ледово-экзарационного рельефа дна проводились на 16 полигонах, на которых были зафиксированы борозды выпахивания глубиной до 10,0 м и шириной до 450 м. Максимальная длина борозд составила 11,1 км. Колонки донных отложений отобраны как непосредственно со дна борозд, так и с ненарушенной фоновой поверхности для сравнительного датирования ледово-экзарационного рельефа с помощью содержания в донных осадках неравновесного <sup>210</sup>Pb, антропогенного <sup>137</sup>Cs и тяжелых металлов (Pb, Sb, Cd, Tl, Bi).

Ключевые слова: борозды выпахивания, съемка рельефа дна, многолучевой эхолот, колонки донных отложений, Восточно-Новоземельский желоб

С 24 августа по 26 сентября 2022 г. проходил 1-й этап 51-го рейса НИС «Академик Борис Петров». Маршрут 1-го этапа начинался и заканчивался в порту Мурманска и пролегал по акватории Баренцева и Карского морей вокруг архипелага Новой Земли по направлению против часовой стрелки (Рис. 1). В ходе рейса проводились комплексные геолого-геофизические, геоморфологические и гидрофизические исследования.

Одной из задач рейса было детальное изучение рельефа и отложений ледово-экзарационного рельефа юго-западной части Карского моря. За время рейса была проведена съемка рельефа дна многолучевым эхолотом (МЛЭ) и профилографом SES на 16 полигонах с крупными бороздами выпахивания. В результате были построены цифровые модели рельефа (ЦМР) дна и сейсмоакустические профили.

Настоящие работы являются продолжением работ, начатых в 2021 г. в 52-м рейсе НИС «Академик Николай Страхов» [Кокин и др., 2021; Никифоров и др., 2022]. Первые результаты прошлого года по датированию борозд выпахивания с использованием неравновесного <sup>210</sup>Pb показали, что крупная борозда глубиной до 3,2 м и шириной до 35 м, располагающаяся перед входом в Байдарацкую губу на глубине 30-35 м, сформировалась примерно на рубеже XIX и XX вв., т.е. в самом конце Малого ледникового периода [Мещеряков и др., 2022].

В этом году исследования были расширены по пространственному охвату и по глубине моря (табл. 1, рис. 1). Кроме Западно-Ямальского шельфа, исследованного в прошлом году, была проведена съемка борозд выпахивания в Восточно-Новоземельском желобе и его окрестностях (борозды на глубине до 275 м) и у северной оконечности Новой Земли вблизи от желоба Святой Анны (борозды на глубине до 345 м). Предварительный анализ ЦМР 14 полигонов (табл. 1) показал, что самые крупные борозды, исследованные в 51-м рейсе НИС «Академик Борис Петров», имеют максимальную глубину вреза относительно фоновой поверхности до 10,0 м, ширина – до 450 м и отснятую прослеженную длину – 11,1 км.

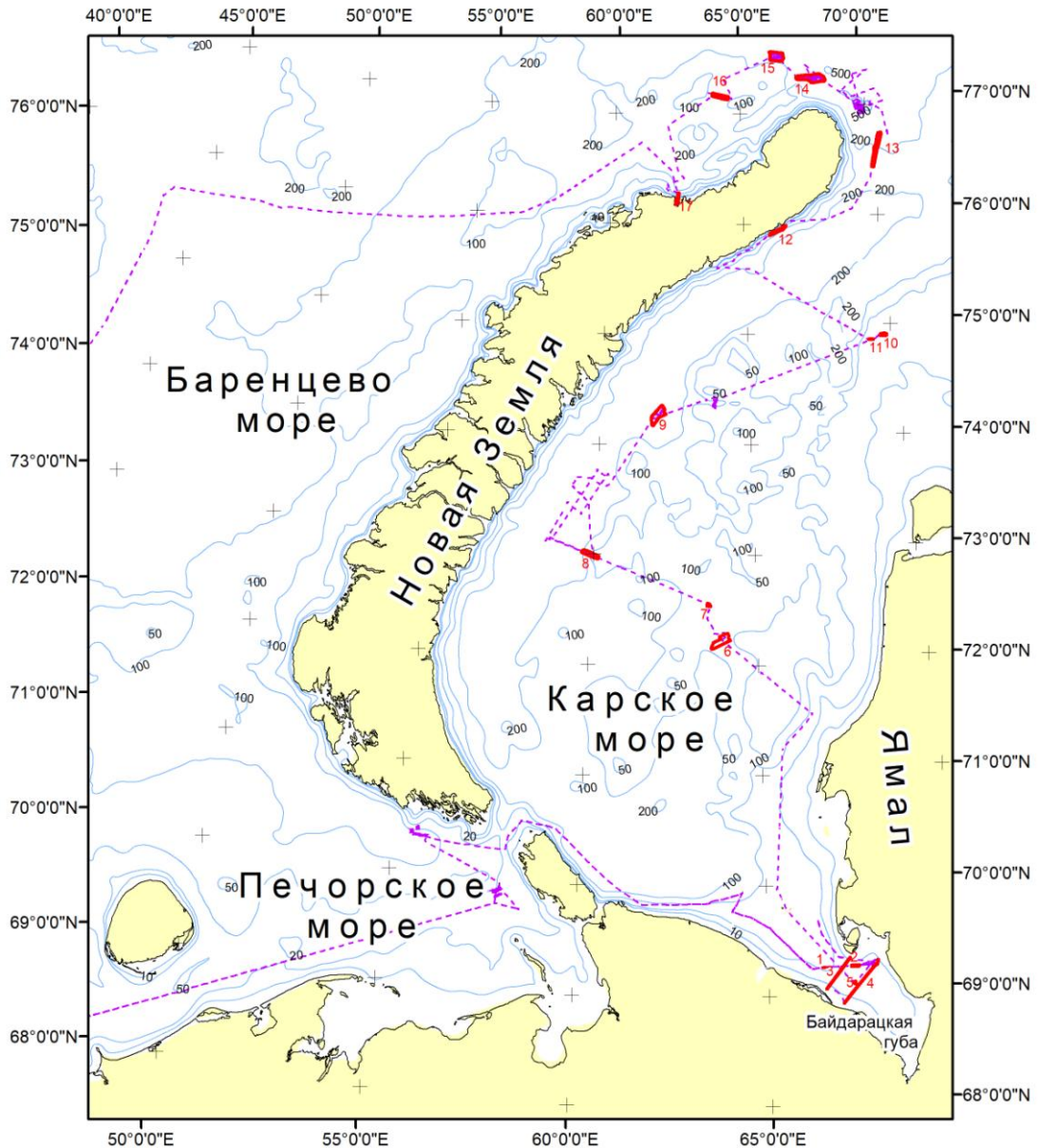


Рис. 1. Полигоны исследования ледово-экскариационного рельефа и маршрут рейса

Кроме того, в Байдарачьей губе была произведена повторная съемка 2 профилей, ориентированных поперек губы (полигоны №3 и №4), съемка которых проводилась в 2016 г. и ранее в рейсах ФГБУ «ГОИН». Целью изучения этих полигонов является сравнение с предыдущими съемками для выявления новообразованных борозд, которые сформировались в последние годы.

На четырех полигонах для определения скорости осадконакопления в течение последних 100-120 лет и/или оценки возраста борозд выпаживания методом неравновесного  $^{210}\text{Pb}$  был выполнен отбор колонок грунта с помощью гравитационной трубки УГТ-147 (табл. 2). Отбор колонок осуществлялся как непосредственно из борозды, так и, при возможности, с прилегающей, ненарушенной ледовой экскариацией, фоновой поверхности дна для контроля полученных результатов. Все пробы в замороженном виде были транспортированы в лаборатории для анализа содержания неравновесного  $^{210}\text{Pb}$ , антропогенного  $^{137}\text{Cs}$  и тяжелых металлов (Pb, Sb, Cd, Tl, Bi).

Таблица 1. Характеристика особенностей исследованных полигонов и строения борозд  
выпахивания

№ полигона в 2022 г. (№ в 2021 г.)	Район	Диапазон глубины моря, м	Максимальная глубина борозд, м	Максимальная ширина борозд, м	Видимая максимальная длина борозд, км
1	Байдарацкая губа	22-24	0,4	10	0,6
2		21-24	0,8	100	2,8
5 (5)		23-24	1,2	70	11,1
6	Центр ЮЗ ч. Карского моря, к зап. от Ямала	80-95	2,0	100	7,9
7 (1)		47-50	0,8	25	2,8
8	Вост.-Новоземельский желоб, вост. борт	130-180	3,0	60	3,4
9	Вост.-Новоземельский желоб	250-275	3,5	180	6,3
10	Центр ЮЗ ч. Карского моря, к сев. от Ямала	33-38	0,2	50	1,8
11		37-39	3,0	60	1,7
12	Береговой склон перед фронтом ледника Розе (карская сторона Новой Земли)	68-110	3,6	40	3,5
13	Сев. оконечность Новой Земли	80-110; 170-185	5,0; 5,4	110; 50	2,0; 1,2
14		225-235; 320-345	5,5; 10,0	80; 260	3,7; 1,4
15		250-280; 300-310	10,0; 8,0	420 450	3,7 3,6
16		95-110	2,5	130	3,4

Таблица 2. Ведомость отобранных колонок грунта на полигонах исследования 2022 г.

№ п/п	Дата	Время	Полигон	Глуби моря	Станция	Место отбора	Длина колонки, м
1	05.09.2022	10:48	5	25	5115	борозда	0,9
2	05.09.2022	11:35	5	25	5116	борозда	1,03
3	07.09.2022	20:55	7	50	5120	борозда	0,2
4	10.09.2022	13:18	9	265	5122	борозда	1,4
5	10.09.2022	14:37	9	265	5123	фоновая поверхность	1,55
6	20.09.2022	17:20	17	172	5136	фоновая поверхность	0,62

На полигоне №7 (центр ЮЗ части Карского моря, к западу от Ямала) отобранная колонка имела длину не более 20 см и была представлена очень плотным суглинком. Это подтвердило предположение прошлого года об очень плотных осадках в данной борозде, когда были предприняты 2 безрезультатные попытки отбора колонок – грунтовая трубка втыкалась в дно, а при отрыве создавалось большое усилие.

На полигоне №17 (зал. Русская гавань перед фронтом ледника Шокальского) вопреки ожиданиям ледниково-экзарационный рельеф на глубинах 40-180 м не был обнаружен. Несмотря на это, здесь все равно была отобрана колонка грунта с глубины ок. 170 м для оценки скорости осадконакопления в течение последних 100-120 лет.

Самые интересные колонки были отобраны на полигоне №9 (восточный борт Восточно-Новоземельского желоба). Здесь находится крупная борозда глубиной до 3,5 м, шириной до 80 м и видимой длиной до 6,3 км (Рис. 2). Она имеет генеральную ориентировку СВ-ЮЗ. Борозды выпашивания в этом районе уже были зафиксированы здесь ранее и время их формирования относилось к трансгрессии после последнего ледникового максимума, когда происходило разрушение шельфового ледника, полностью перекрывавшего Восточно-Новоземельский желоб [Миронюк, Иванова, 2018; Рыбалко и др., 2020]. Несмотря на реликтовый возраст борозд в данном районе и на данных глубинах, все равно были отобраны колонки для датирования отложений методом  $^{210}\text{Pb}$ , задачей которого является оценка скорости осадконакопления в последние 100-120 лет. По предварительным данным из колонки, отобранной в борозде (5122), скорость осадконакопления верхних 50 см составила не менее 0,5 см/год. По данным сейсмоакустического профилирования, мощность осадков, заполняющих борозду в месте отбора колонки, достигает около 160 см, то есть исходная глубина вреза борозды относительно фоновой поверхности была около 5,1 м.

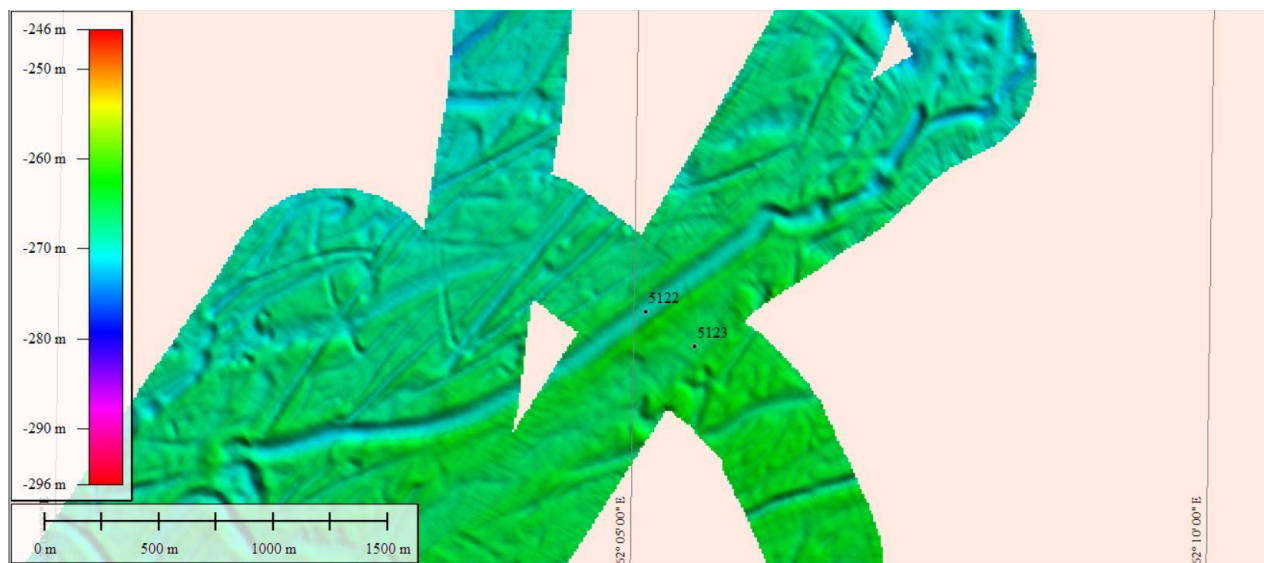


Рис. 2. ЦМР полигона №9 (Восточно-Новоземельский желоб), на которой видна крупная борозда выпашивания, и местоположение отобранных колонок

Таким образом, самые крупные борозды, исследованные в 51-м рейсе НИС «Академик Борис Петров», имеют максимальную глубину вреза относительно фоновой поверхности до 10,0 м, ширина – до 450 м и отснятую прослеженную длину – 11,1 км. По предварительным данным скорость осадконакопления верхних 50 см реликтовой борозды на восточном борту Восточно-Новоземельского желоба, заполненной осадками мощностью 160 см, составляет не менее 0,5 см/год.

Авторы благодарят руководство рейса и команду судна «Академик Борис Петров» за помощь в организации и проведении морских работ.

Исследования ледово-эскарационного рельефа дна выполнены за счет гранта Российского научного фонда (проект №21-77-20038).

#### ЛИТЕРАТУРА

Кокин О.В., Архипов В.В., Мазнев, С.В., Мещеряков Н.И. Исследование ледово-эскарационного рельефа юго-западной части Карского моря в 52 рейсе НИС «Академик Николай Страхов» // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2021. Вып. 8. С. 97–100. doi: 10.24412/2687-1092-2021-8-97-100.

Мещеряков Н.И., Усягина И.С., Архипов В.В., Мазнев, С.В., Кокин О.В. Первые результаты определения абсолютного возраста ледово-эскарационной борозды в районе Байдарацкой губы Карского моря // Вторая всероссийская научная конференция “Геохронология четвертичного периода: инструментальные методы датирования новейших отложений”, 2022. С. 56.

Миронюк С.Г., Иванова А.А. Микро- и мезорельеф гляциального шельфа Западно-Арктических морей в свете новых данных // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. 2018. № 76. С. 41–58.

Никифоров С.Л., Сорохтин Н.О., Ананьев Р.А., Дмитриевский Н.Н., Мороз Е.А., Кокин О.В. Исследования в Баренцевом и Карском морях в 52-м рейсе НИС “Академик Николай Страхов” // Океанология. 2022. Т.62. №3. С. 499–501. doi: 10.31857/S0030157422030078.

Рыбалко А.Е., Миронюк С.Г., Росляков А.Г., Колюбакин А.А., Соловьева М.А., Терехина Я.Е., Токарев М.Ю. Новые признаки покровного оледенения в Карском море: мегамасштабная ледниковая линейность в Восточно-Новоземельском желобе // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2020. Выпуск 7. С. 175–181. doi:10.24411/2687-1092-2020-10727

#### THE ICE-GOUGING LANDFORMS INVESTIGATION OF THE SOUTH-WESTERN PART OF KARA SEA AND THE NORTH-EASTERN PART OF THE BARENTS SEA IN THE 51ST CRUISE OF THE R/V "ACADEMIK BORIS PETROV"

<sup>1,2</sup>Kokin O.V., <sup>1,2</sup>Arkhipov V.V., <sup>1,3</sup>Meshcheryakov N.I., <sup>4</sup>Ananiev R.A., <sup>5</sup>Slukovsky Z.I., <sup>1</sup>Sukhikh E.A.

<sup>1</sup> Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,

<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Murmansk Marine Biological Institute, Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russia

<sup>4</sup>Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>5</sup>Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola Science Center of the RAS, Apatity, Russia

The preliminary results of the relief and sediments of the ice-gouging landforms study of the southwestern part of the Kara Sea and the north-eastern part of the Barents Sea, carried out during the 51st cruise of the R/V “Akademik Boris Petrov”, are presented. The survey of the ice-gouging landforms was carried out at 16 sites, on which ice gouges with depth of up to 10,0 m and up to 450 m wide were recorded. The maximum length of the ice gouges was 11.1 km. The core of bottom sediments are taken both directly from the bottom of the ice gouges and from an undisturbed background surface for comparative dating of the ice-gouging relief using the content of the non-equilibrium <sup>210</sup>Pb, anthropogenic <sup>137</sup>Cs and heavy metals (Pb, Sb, Cd, Tl, Bi). The ice-gouging landforms investigation was supported by the Russian Scientific Fund (project 21-77-20038).

Keywords: *ice gouges, bottom topography survey, multibeam echo sounder, bottom sediment cores, East-Novaya Zemlya trough*