

УДК 551.465

ЛЕДОВАЯ ЭКЗАРАЦИЯ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ РОССИИ

© 2019 г. С. Л. Никифоров*, Р. А. Ананьев, Н. В. Либина, Н. Н. Дмитриевский,
Л. И. Лобковский

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

*e-mail: nikiforov@ocean.ru

Поступила в редакцию 22.06.2018 г.

После доработки 15.02.2019 г.

Принята к публикации 05.02.2019 г.

Результаты последних экспедиционных геолого-геофизических исследований свидетельствуют об активизации опасных природных явлений, которые связаны с ледовой экзарацией и представляют геориски практически для всех видов деятельности, включая эксплуатацию Северного морского пути. В результате ледовой экзарации происходит вспахивание морского дна подводной частью ледяных образований. В пределах Баренцева моря и приновоземельской части Карского моря современная ледовая экзарация связана преимущественно с айсбергами, которые образуются в результате разрушения ледников Новой Земли, архипелагов Шпицберген и Земля Франца Иосифа, в то время как на восточном шельфе она обусловлена разрушением сезонных или многолетних ледовых полей. Зафиксированные борозды можно разделить на современные прибрежные и глубоководные. Все глубоководные экзарационные борозды как в пределах перигляциального, так и гляциального шельфа имеют палеогеографическое происхождение, но разные механизмы воздействия на морское дно. На перигляциальном шельфе эти борозды были сформированы плавучими льдами, а на гляциальном — более мощными айсбергами, которые могли осуществлять экзарацию даже на континентальном склоне и глубоководных хребтах Северного Ледовитого океана.

Ключевые слова: Арктика, шельф, ледовая экзарация, современные процессы, палеогеография

DOI: 10.31857/S0030-1574593466–468

В настоящее время ледовая экзарация на шельфе арктических морей России имеет широкое распространение. В пределах Баренцева моря и приновоземельской части Карского моря она связана преимущественно с айсбергами, которые образуются в результате разрушения ледников Новой Земли, архипелагов Шпицберген и Земля Франца Иосифа, в то время как на востоке она, как правило, обусловлена разрушением сезонных или многолетних ледовых полей. Результаты экспедиционных исследований последних лет зафиксировали следы экзарационного воздействия в широком диапазоне глубин — от прибрежного мелководья до бровки шельфа и глубже [3, 4].

В прибрежной части были зафиксированы как одиночные борозды, так и их серии (группы) различной ширины и протяженности. Во многих случаях эти образования имеют сложную форму, что связано с воздействием на дно многоклевых ледовых образований. Также наблюдались многочисленные следы последовательного наложения группы борозд друг на друга в различных направлениях (рис. 1).

Причинами изменений движения льдов могут являться волнение, ветровой дрейф, приливные, сгонно-нагонные явления, а также их сочетание. На восточно-арктическом шельфе экзарационные борозды обнаружены не только в пределах мелководья, но и на значительных глубинах — более 50–60 м и почти до бровки шельфа, где глубины составляют около 100 м (рис. 2).

Как правило, глубоководные борозды представлены одиночными образованиями. На столь больших глубинах современная экзарация невозможна не то что многолетними льдинами, но и торосистыми образованиями. Размер паруса торосов редко превышает 15–20 м [2, 5]. При известном соотношении размеров кия к парусу тороса 3–4 следы

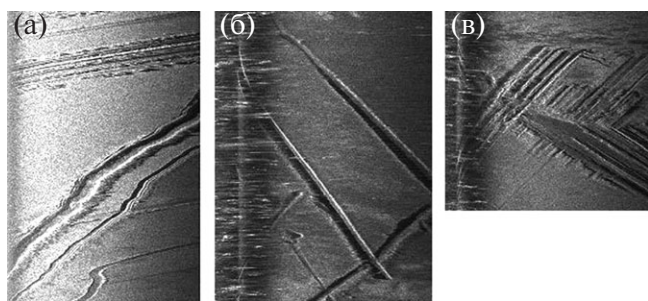


Рис. 1. Акустическое изображение системы экзарационных борозд на дне моря Лаптевых по данным гидролокации бокового обзора, полученным в 57-м рейсе НИС «Академик М. А. Лаврентьев», 2011 г. Глубина моря: (а) — Н = 16,5 м, (б) — Н = 20,5 м, (в) — Н = 19,5 м.

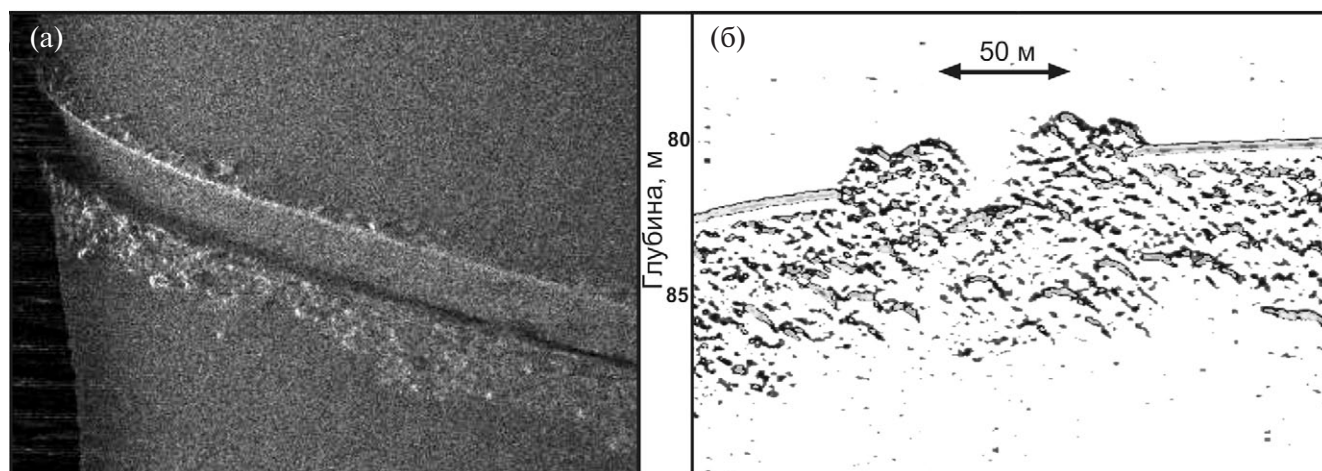


Рис. 2. Фрагменты записи глубоководной борозды на дне в восточной части моря Лаптевых: данные получены в рейсе НИС «Виктор Буйницкий» в 2012 г. (а) — акустическое изображение дна, (б) — сейсмоакустический разрез.

современной экзарации могут проявляться до глубин 50–60 м. Поэтому образование глубоководных борозд выпахивания на восточно-арктическом шельфе, вероятно, связано с палеогеографическими причинами — регрессией моря на 110–120 м от современного уровня и последующей трансгрессией в позднем плейстоцене [6, 9].

На перигляциальном шельфе в позднечетвертичное время, после максимальной стадии регрессии (20–18 тыс. лет назад) отсутствие покровного оледенения не исключало наличия мощных дрейфующих льдов, которые производили экзарацию дна в районе современной бровки шельфа. Далее они следовали за поднятием уровня моря. При этом, вероятно, происходило разрушение плотного обезвоженного глинистого слоя осадков, образованного в период регрессии. Во время неоднократных трансгрессивно-регрессивных колебаний уровня моря (осцилляций) сформированные траншеи с отвалами грунта были заморожены и, таким образом, сохранились до наших дней, учитывая современные отрицательные придонные температуры воды [7]. Из этого можно сделать вывод о том, что в пределах перигляциального шельфа экзарационные борозды в диапазоне глубин 100–50 м образовались от 20–18 тыс. до 15 тыс. лет назад, когда на современной глубине около 50 м была сформирована береговая линия [6, 9].

В западном секторе Российской Арктики образование современных глубоководных ледовых борозд связано не с плавучими льдами, а с айсбергами, которые образуются в результате разрушения ледников и дрейфуют в соответствии с генеральной схемой циркуляции поверхностных вод. В настоящее время максимальная вели-

чина их осадки и, соответственно, глубина касания с морским дном составляет около 120–140 м [1]. Однако на западном шельфе было обнаружено большое количество борозд на глубинах 300 и более метров [8] (рис. 3).

Появление подобных борозд также связано с палеогеографическими причинами. Во время

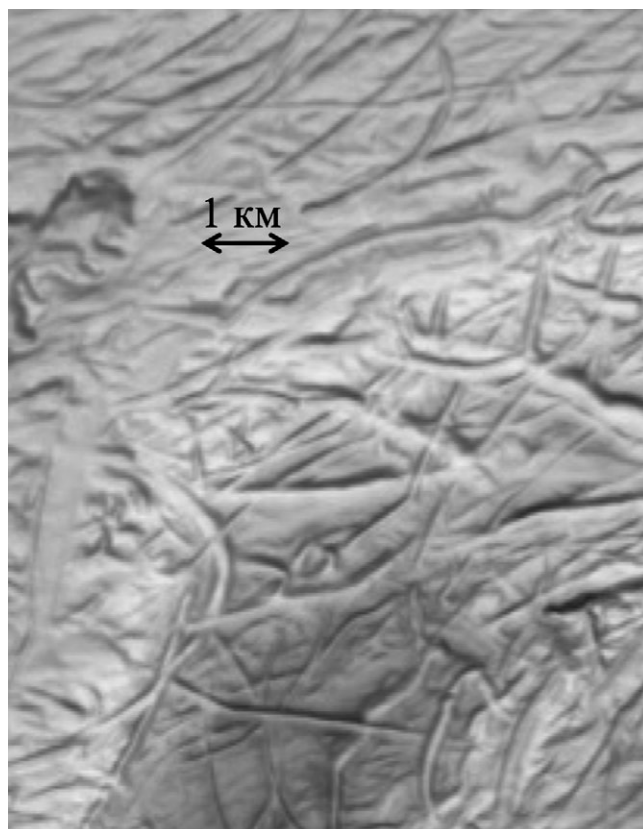


Рис. 3. Глубоководные борозды в Баренцевом море по данным многолучевого эхолота [8]; глубина моря — около 300 м.

последнего ледникового максимума в позднем плейстоцене области о-вов Новой Земли, архипелагов Земля Франца Иосифа, Шпицберген и Кольского полуострова были покрыты обширным покровным ледником мощностью до 3 км [9, 10]. Во время последующей деградации покровного оледенения (от 20–18 до 10 тыс. лет назад) могли образовываться огромные айсберги, которые оказывали воздействие на дно до глубин 2 км и более. Кроме того, эти ледяные массивы могли вмержать в толщу многолетнемерзлых льдов и далее передвигаться согласно направлениям циркуляции поверхностных вод, осуществляя экзарационное воздействие на морское дно даже на континентальном склоне и глубоководных хребтах Арктического океана, включая его восточный сектор.

Таким образом, все глубоководные экзарационные борозды как в пределах перигляциального, так и гляциального шельфа имеют палеогеографическое происхождение, но разные механизмы воздействия на морское дно. На перигляциальном шельфе эти борозды были сформированы плавучими льдами, а на гляциальном — более мощными айсбергами, которые могли осуществлять экзарацию даже на континентальном склоне и глубоководных хребтах Северного Ледовитого океана.

Источник финансирования. Работа выполнена по государственному заказу № 0149-2019-0006.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бузин И. В., Глазовский А. Ф., Гудошников Ю. П. и др. Айсберги и ледники Баренцева моря: исследования последних лет. Ч. 1. Основные продуцирующие ледники, распространение и морфометрические особенности айсбергов // Проблемы Арктики и Антарктики. 2008. № 1 (78). С. 66–80.
2. Горбунов Ю. А., Лосев С. М., Дымент Л. Н. Стамухи моря Лаптевых // Проблемы Арктики и Антарктики. 2008. № 2 (79). С. 111–116.
3. Дмитревский Н. Н., Ананьев Р. А., Либина Н. В., Росляков А. Г. Использование сейсмоакустического комплекса для исследований верхней осадочной толщи и рельефа морского дна в восточной Арктике // Океанология. 2013. Т. 53. № 3. С. 412–417.
4. Дмитревский Н. Н., Ананьев Р. А., Либина Н. В., Росляков А. Г. Сейсмоакустические исследования верхней осадочной толщи и рельефа морского дна в морях восточной арктики в 57-м рейсе научно-исследовательского судна «Академик М. А. Лаврентьев» // Океанология. 2012. Т. 52. № 4. С. 617–620.
5. Зубов Н. Н. Льды Арктики. М.: Изд-во Главсевморпути, 1945. 360 с.
6. Ким Б. И., Рейнин И. В. Эволюция восточноарктического шельфа и палеошельфа в плейстоцене // Проблемы кайнозойской палеоэкологии и палеогеографии морей Северного Ледовитого океана: Апатиты: КНЦ АН СССР, 1989. С. 44–45.
7. Лобковский Л. И., Никифоров С. Л., Шахова Н. Е. и др. О механизмах деградации подводных многолетнемерзлых пород на восточном арктическом шельфе России // Докл. РАН. 2013. Т. 449. № 2. С. 185–188.
8. Миролюбов С. Г., Клецин С. М. Опыт применения геофизических методов с целью идентификации морских геологических опасностей // ГеоИнжиниринг. 2010. № 1. С. 48–54.
9. Павлидис Ю. П., Никифоров С. Л. Обстановки морфолитогенеза в прибрежной зоне Мирового океана. М.: Наука, 2007. 455 с.
10. Auriac A. Whitehouse, P. L., Bentley M. J. et al. Glacial isostatic adjustment associated with the Barents Sea ice sheet: a modelling inter-comparison // Quaternary Science Reviews. 2016. V. 147. P. 122–135.

ICE GOUGING ON THE ARCTIC SHELF OF RUSSIA

© 2019 S. L. Nikiforov*, R. A. Ananiev, N. V. Libina, N. N. Dmitrevskiy, L. I. Lobkovskii

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

*e-mail: nikiforov@ocean.ru

Received June 22, 2018

Revised version received February 15, 2019

After revision February 05, 2019

The results of recent geological and geophysical expeditions indicate the activation of hazardous natural phenomena associated with ice gouging and represent geohazard for almost all activities, including operation of the Northern Sea Route. Within the Barents Sea and the western part of the Kara Sea, the modern ice gouging is mainly associated with icebergs which are formed as a result of the destruction of the glaciers of Novaya Zemlya, the Spitsbergen archipelago and Franz Josef Land, while on the eastern shelf it is caused by the destruction of seasonal or perennial ice fields. Fixed furrows can be divided into modern coastal gouges or deep water ploughmarks. All deep water gouges within the periglacial and glacial shelf are of paleogeographical origin, but with different mechanisms of action on the seabed. These furrows were formed by floating ice on the periglacial shelf. On the glacial shelf deep water ploughmarks were formed by large icebergs, which could carry out the gouging even on the continental slope and deep-sea ridges of the Arctic Ocean.

Keywords: Arctic, shelf, ice gouging, modern processes, paleogeography