

doi: 10.24412/2687-1092-2023-10-261-268



## ЭВОЛЮЦИЯ ВАЛДАЙСКОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВОМОРСКОГО ШЕЛЬФА

✉ Соловьева М.А.<sup>1</sup>, Рыбалко А.Е.<sup>2</sup>, Монтелли А.И.<sup>3</sup>, Терёхина Я.Е.<sup>1</sup>, Колюбакин А.А.<sup>4</sup>,  
Токарев М.Ю.<sup>1</sup>, Ахманов Г.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup>Институт полярных исследований имени Скотта, Кембридж, Великобритания

<sup>4</sup>ООО «РН-Эксплорейшн», Москва, Россия

✉ [marina-sol@yandex.ru](mailto:marina-sol@yandex.ru)

В работе приводится результат интерпретации наиболее представительной базы данных 2D/3D сейсморазведки и материалов инженерно-геофизических съёмки и пробоотбора в российском секторе Баренцева моря, анализ которых позволил обнаружить и закартировать широкое разнообразие гляциальных форм рельефа. Характер распространения таких форм свидетельствует о развитии Валдайского покровного оледенения на всей территории Баренцевоморского шельфа. Выполнена реконструкция эволюции ледникового покрова для поздне-Валдайского времени, которая существенно уточнила и детализировала предыдущие модели развития оледенения. Были установлены направления течения ледниковых потоков, а также положения локальных остаточных куполов во время дегляциала.

Ключевые слова: *Баренцево море, многолучевое эхолотирование, сейсморазведка 2D/3D, ледниковые формы рельефа, Валдайское оледенение, палеогеографические реконструкции*

### Введение

Изучение геологической истории Баренцево-Карского шельфа сопряжено с решением остро дискуссионного вопроса о существовании в четвертичном периоде в этом регионе покровных оледенений, развитие которых могло накладывать свой отпечаток как на строение осадочного разреза, так и на рельеф морского дна. Несмотря на активное развитие технологий морских исследований и получение в последние два десятилетия большого объёма геолого-геофизических данных, до сих пор не существует единого мнения по данной проблеме. Существующие взгляды на вопрос оледенения Баренцево-Карского шельфа во многом опираются не столько на фактическую основу, которая до начала 2000-х годов была очень скудна, сколько на общие взгляды исследователей. В связи с этим возрастает актуальность получения новых достоверных сведений о строении четвертичного осадочного разреза и морфологии дна, поиска свидетельств развития ледника на шельфе или доказательств его отсутствия.

Основными свидетельствами развития ледникового покрова являются различные формы рельефа, которые сформировались при движении ледовых масс или талых вод, а также наличие специфических отложений ледникового генезиса.

Гипотеза оледенения Баренцева шельфа была впервые высказана К. Гриппом [Gripp, 1929]. В Советском Союзе подробно на этом вопросе останавливался В.Д. Дибнер [Дибнер, 1959; 1961]. Представления об оледенении во многом подтверждались материалами исследований четвертичных отложений Баренцева моря, выполненных М.В. Кленовой [Кленова, 1960], которая обратила внимание на то, что морские современные илы подстилаются плотными глинами, часто валуносодержащими.

В настоящее время широко распространена гипотеза о существовании мощного ледникового покрова, распространяющегося на весь регион Баренцевоморского шельфа, а также прилегающие участки суши [Svendsen et al., 2004; Hughes et al., 2016; и др.]. Опубликованы результаты многочисленных исследований, выполненных, в основном, в

западном (норвежском) секторе Баренцева моря, представлены детальные реконструкции развития ледника в поздне-четвертичное время [например, *Bjarnadóttir et al., 2014; Jakobsson et al., 2014; Patton et al., 2015*].

В восточном (российском) секторе в последние два десятилетия также выполнен внушительный объём исследований, который, тем не менее, почти не был представлен в публикациях на тему изучения Баренцевоморского ледникового щита. Это связано с тем, что большинство выполненных работ относится к районам лицензионных участков нефтегазодобывающих компаний, их материалы ограничены для открытого использования и, в основном, характеризуются низкочастотным составом, сильно осложняющим изучение придонного интервала осадочного разреза.

Целью данного исследования является обобщение опубликованных материалов с привлечением новейших геологических и геофизических данных, полученных при разведочных, инженерно-геологических и научных изысканиях в Баренцевом море. Уникальность данной работы выражается в масштабах привлечённых данных, не использовавшихся ранее для целей изучения эрозионно-аккумулятивных процессов четвертичного периода на Баренцевоморско-Карском шельфе. В ходе данного исследования была собрана внушительная база геолого-геофизических материалов, полученных из ФГБУ «Росгеолфонд», собранных в научных экспедициях проекта ГТР («Обучение-через-исследования (Плавающий Университет)» ЮНЕСКО-МГУ) и предоставленных ПАО «НК «Роснефть». Комплексный анализ данных материалов существенно расширил представления об истории развития региона в четвертичном периоде и добавил неопровержимые свидетельства существования ледникового покрова в регионе.

**Данные и методы.** Важными инструментами поиска следов деятельности ледника на Арктическом шельфе являются дистанционные геофизические методы исследований – сейсморазведочные работы разной глубинности и батиметрическая съёмка. В рамках амбициозного проекта, организованного ПАО «НК «Роснефть», собраны материалы из всех открытых источников и предоставленные коммерческими организациями, систематизированы и изучены более 600 000 пог. км сейсморазведочных профилей и более 7 500 км<sup>2</sup> 3D стандартной сейсморазведки (Рис. 1), а также высокочастотные данные на площадках инженерно-геологических изысканий и батиметрические данные площадного и профильного многолучевого эхолотирования.

Сейсморазведочные профили с разной степенью плотности практически полностью покрывают российскую часть Баренцева моря, однако это в основном низкочастотные данные стандартной сейсморазведки, информативность которых существенно ограничена при изучении верхней части разреза [*Колубакин и др., 2021*]. Для расширения возможностей интерпретации некоторые профили были обработаны по специальному графу, нацеленному на сохранение информации в первых сотнях метров ниже морского дна [*Terekhina et al., 2016*].

В данном исследовании также привлекались материалы из экспедиций по программе «Обучение-через-исследования» Плавающего Университета ЮНЕСКО-МГУ, в которых были выполнены сейсморазведочные работы методами непрерывного сейсмоакустического профилирования с электроискровым источником и профилографом, а также обширная батиметрическая съёмка высокой детальности площадью более 8000 км<sup>2</sup> [*Соловьева и др., 2021*].

**Строение верхней части разреза.** Рыхлый покров на Баренцевоморском шельфе представлен преимущественно четвертичными отложениями, и только в юго-западной его части сложен плиоцен-четвертичными образованиями [*Гриценко, Крапивнер, 1989*]. Выделение комплекса четвертичных отложений по сейсморазведочным данным, в общем случае, практически не вызывает затруднения, поскольку он отделяется хорошо выраженным региональным несогласием от подстилающих мезозойских отложений. Однако, низкая разрешающая способность данных стандартной сейсморазведки не

позволяет проследить четвертичный покров в областях, где его мощность менее 5-10 метров, а также уверенно выполнить его генетическую интерпретацию. В связи с этим, на большей части Баренцева моря нами были закартированы нерасчленённые четвертичные отложения, что, тем не менее, позволило уточнить существующие схемы [например, Костин, Тарасов, 2011].

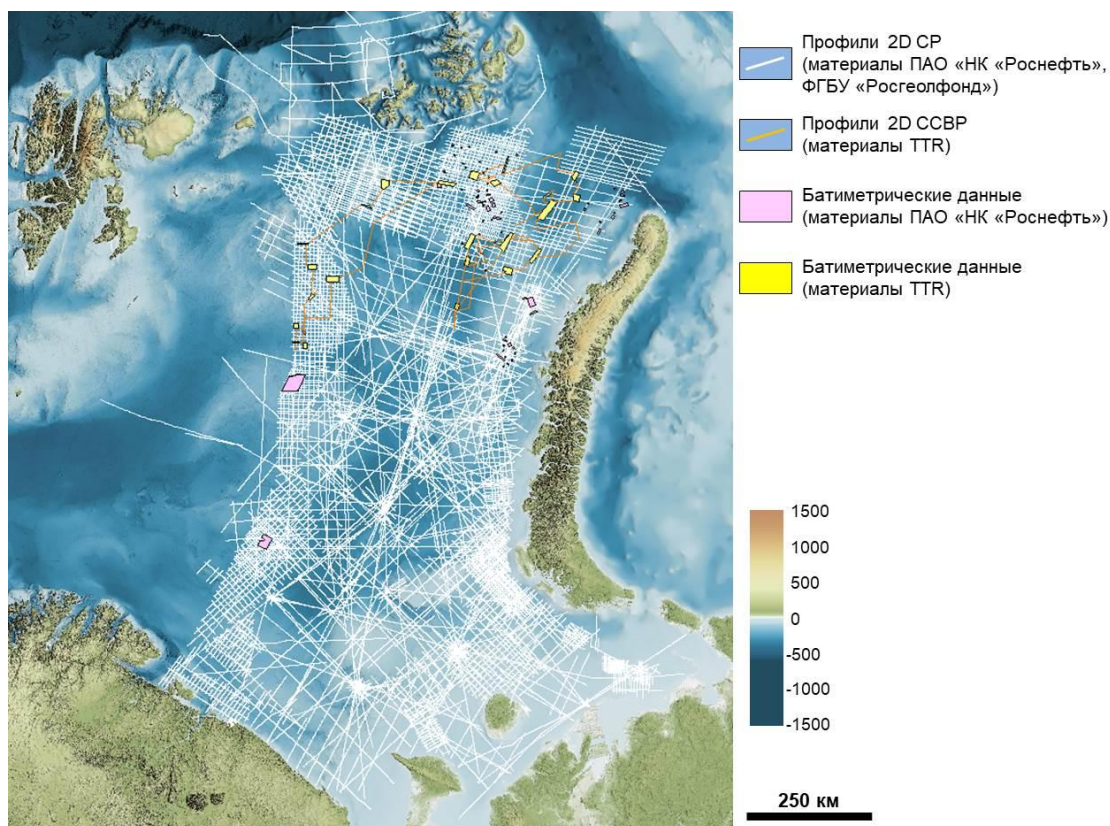


Рис. 1. Материалы, использовавшиеся в работе.

Четвертичные отложения характеризуются практически повсеместным распространением в регионе. Однако, их мощность крайне не выдержана. Обширные площади дна, особенно в северной части моря, на данных стандартной сейсморазведки выглядят как участки выхода коренных пород. Тем не менее, результаты донного пробоотбора и высокочастотных сейсмоакустических исследований, выполненных в рейсах ТТР на таких участках, показывают, что коренные породы обнажаются на дне довольно редко и, в основном, перекрыты, по крайней мере, 0,5-1 м морских голоценовых илов.

Четвертичные накопления заполняет понижения дочетвертичного рельефа, покровно залегают на коренных породах или слагают гряды. На сейсмопрофилях четвертичные аккумулятивные образования в большинстве случаев характеризуются хаотичной волновой картиной, типичной для морен. На некоторых участках встречаются обширные области однородных по акустическим признакам отложений, которыми сложены положительные формы донного рельефа. В ряде публикаций такие образования описываются как «мягкие морены», и считается, что они могли формироваться тальными водами, перемывающими и откладываящими тонкозернистый обломочный материала в периферийных частях ледника или сразу за его пределами [Старовойтов, 1999; Эпштейн и др., 2011]. Такие объекты были встречены в Восточно-Баренцевоморской и Южно-Баренцевоморской впадинах, что косвенно указывает на длительное «стояние» края ледника в этих районах.

Образования, принципиально близкие по природе с «мягкими моренами», обнаружены на склонах Адмиралтейского вала, на северном борту желоба Седова, на

северо-западном склоне Восточно-Баренцевоморской впадины и к западу от острова Южный. Они отнесены к т.н. призмам зоны отлегания (всплывания) ледника, характеризуются ассиметричным строением и также указывают на продолжительное «стояние» кромки ледника в этих районах.

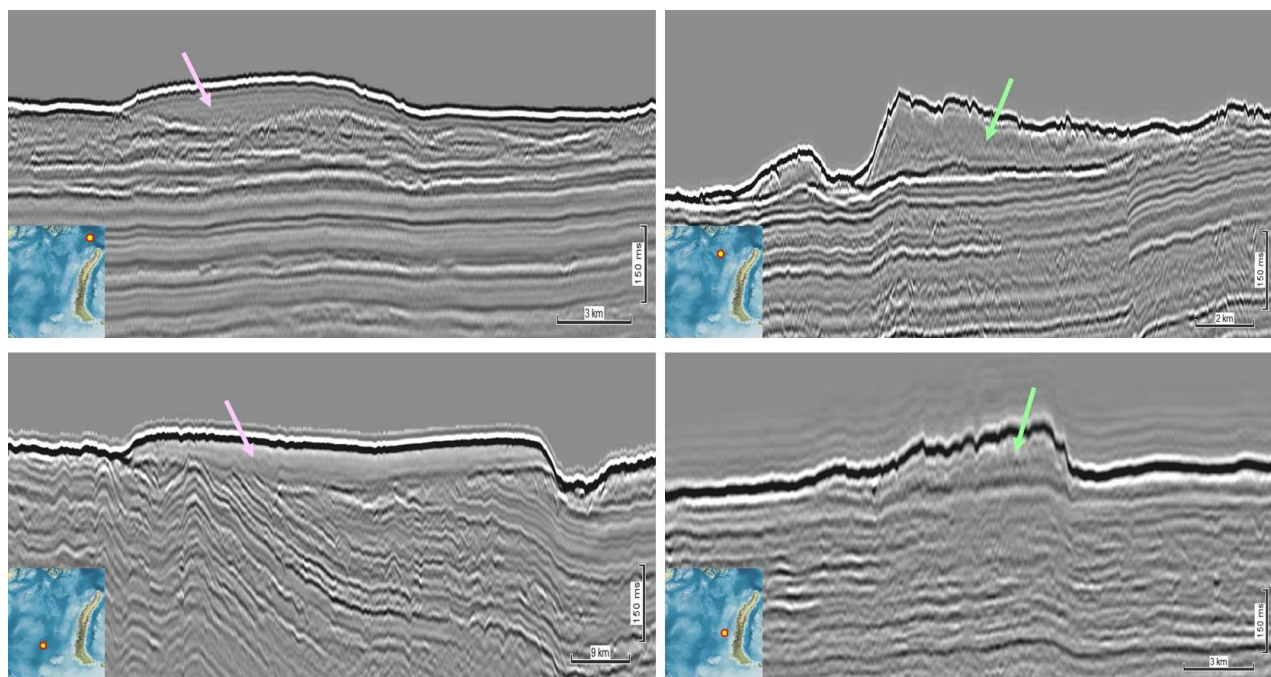


Рис. 2. «Мягкие морены» (указаны розовыми стрелками) и призмы зоны отлегания ледника (указаны зелёными стрелками) по данным 2D СР (материалы ПАО «НК «Роснефть»).

**Ледниковые формы рельефа.** Детальный анализ морфологии поверхности морского дна и распределения обнаруженных эрозионно-аккумулятивных форм выполнялся, в основном, по данным многолучевого эхолотирования и высокочастотных методов сейсморазведки с привлечением опубликованной информации. Обнаруженные формы рельефа были разделены на две группы, соответствующие (1) ледниковым или (2) перигляциальным обстановкам морфолитогенеза шельфа во время последнего оледенения и его деградации.

Наиболее разнообразны и широко распространены формы рельефа ледникового комплекса: моренные гряды и холмы различной морфологии и генезиса (краевые морены, морены де Гира и др.), друмлины, гляциотектонические пары, мегамасштабная ледниковая линейность, подледниковые каналы стока, озы. В районах разгрузки ледника в субаквальных условиях сформировались приледниковые конусы выноса и аккумулятивные валы зоны всплывания ледника (призмы зоны отлегания). Также были обнаружены формы рельефа, которые формировались после отступления ледника: кратеры взрыва, покмарки, борозды айсбергового выпаживания.

Обзор характеристик данных форм рельефа и особенностей их распространения для северной части Баренцева моря подробно представлен в работах по материалам рейсов TTR [Dowdeswell et al., 2021; Montelli et al., 2013]. Анализ дополнительных батиметрических данных позволил обнаружить много новых, не закартированных ранее форм рельефа (Рис. 3) и существенно детализировать карты их распространения.

Для южной части Баренцева моря практически отсутствуют батиметрические данные. Тем не менее, по сейсмопрофилям удалось проследить несколько крупных подледниковых каналов стока на склонах Адмиралтейского вала и Южно-Баренцевоморской впадины, а также серию краевых и стадийных морен в окрестностях Адмиралтейского вала и к западу от архипелага Новая Земля.



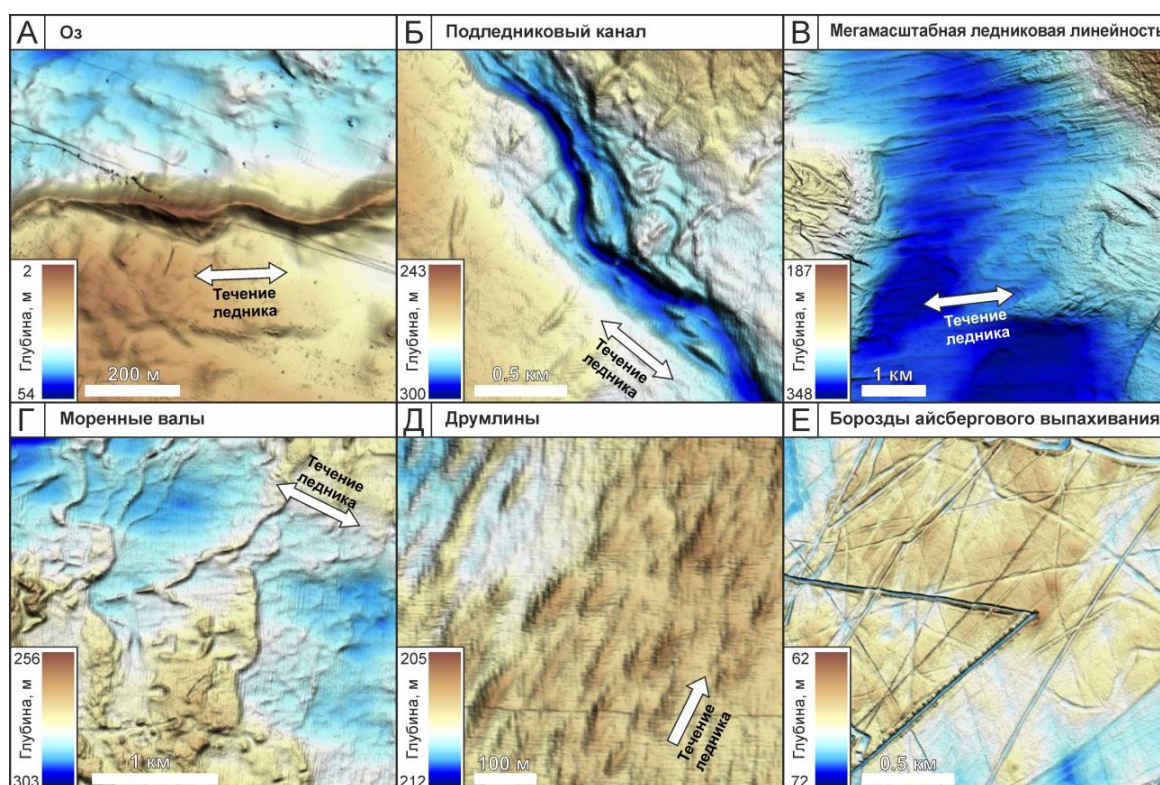


Рис. 3. Примеры геологических объектов, сформированных при движении ледовых масс, талых вод и айсбергов (материалы ПАО «НК «Роснефть»).

**Обсуждение результатов.** В результате исследования установлено, что особенностью северной части Баренцевоморского шельфа является существенно редуцированная мощность голоценовых морских осадков или их полное отсутствие, обеспечивающие хорошую выраженность ледниковых форм в современном рельефе. Анализ распространения этих форм позволяет определить области, на которых существовал покровный ледник, а ориентация этих форм указывает на направление течений ледниковых потоков во время последнего ледникового максимума и последующей дегляциации.

Особенности распределения обнаруженных форм рельефа по площади Баренцевоморского шельфа подтверждают представления о практически сплошном распространении ледникового покрова в этом регионе.

Отчётливо проявлена полицентричность оледенения и возникновение самого покрова за счет слияния нескольких крупных ледниковых куполов (Скандинавского, Новоземельского, ЗФИ и других). Также установлено, что на заключительных стадиях оледенения существовало и несколько более локальных куполов, из которых происходило растекание ледниковых потоков. Такие купола, вероятно, существовали на Южном и Северном островах архипелага Новая Земля, на Земле Франца Иосифа, Поднятии Персея, Северо-Восточном плато и на возвышенности к северо-востоку от о. Северный.

Широко распространены конуса выноса, сформировавшиеся в местах, где шельфовые ледники «отрывались» от морского дна. Здесь, вероятно, господствовали ледниково-морские обстановки осадконакопления. Особенно четко это проявилось на Адмиралтейском вале, окаймляющем с запада Северный и, частично, Южный острова архипелага Новая Земля. В таких местах на морском дне отсутствуют морены, и это может указывать на поэтапное освобождение дна Баренцева моря от ледникового щита.

На основании данных об особенностях распространения ледниковых и перигляциальных форм рельефа выполнена реконструкция эволюции ледниковых потоков для всей российской акватории Баренцева моря, которая непротиворечиво стыкуется на границе с существующими схемами по западной части шельфа. С высокой долей

уверенности можно говорить о существовании локальных центров оледенения на поднятии Персея и на возвышенности между Землёй Франца-Иосифа и желобом Седова, от которых в радиальных направлениях растекались ледниковые потоки. Результаты данного исследования согласуются и местами подтверждают предположения, представленные в работе [Dowdeswell et al., 2021 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**], о перетекании ледникового потока из желоба Седова в Восточно-Баренцевоморскую впадину через разделяющую их крупную возвышенность, получившую название седловина Страхова.

В восточной части Баренцева моря, в районе Адмиралтейского вала, ледниковые массы двигались со стороны о. Северный в юго-западном направлении. Попадая в Центральную впадину, они соединялись с ледниковыми языками поднятия Персея и продолжали двигаться на юг. Западнее, в пределах Центральной возвышенности, есть свидетельства о движении ледниковых потоков в западном и юго-западном направлениях.

В конечном итоге ледниковые потоки, сливаясь, выходили в крупные трог – Святой Анны, Франца-Виктории и Медвежеостровский – и разгружали переносимый материал у континентального подножья, формируя мощные комплексы ледниково-морских конусов выноса.

**Заключение.** Исследования в рамках проекта по обобщению всех геофизических материалов, имеющихся для российского сектора Баренцева моря, позволили представить реконструкцию поздне-четвертичного развития региона, приближающуюся по своей детальности к выполненным ранее и опубликованным реконструкциям эволюции ледниковых покровов для западного сектора. Результаты проекта позволяют уверенно утверждать наличие следов оледенения на дне всего Баренцева моря.

Сделанные выводы о характере распространения четвертичных отложений и форм рельефа, связанных с деятельностью ледника, невозможно переоценить и будут использованы для палеогеографических реконструкций и моделирования развития и деградации оледенения в поздне-четвертичное время.

## ЛИТЕРАТУРА

Гриценко И.И., Крапивнер Р.Б. Новейшие отложения Южно-Баренцевского региона: осадочные (седиментационные) сейсмостратиграфические комплексы и их вещественный состав // Новейшие отложения и палеогеография северных морей. КНЦ АН СССР. Апатиты, 1989. С. 28-45.

Дибнер В.Д. Земля Франца-Иосифа // Труды НИИГА. 1959. Т. 91. 145 с.

Дибнер В.Д. Основные особенности рельефа и четвертичной истории Арктического шельфа Евразии // INQUA, VI-th Congress, Abstracts of Papers, 1961. С. 161-163

Кленова М.В. Геология Баренцева моря. М.: Наука, 1960. 342 с.

Колюбакин А.А., Губарева О.А., Терехина Я.Е., Хлебникова О.А., Рыбалко А.Е., Старовойтов А.В., Токарев М.Ю. Подходы к сейсмостратиграфическому анализу для палеореконовструкций четвертичных геологических процессов на шельфе Баренцева моря // Геофизика. 2021. № 6. С. 104-110.

Костин Д.А., Тарасов Г.А. Четвертичный осадочный чехол Баренцево-Карского бассейна // Геология и геоэкология континентальных окраин Евразии. М.: ГЕОС. 2011. Вып. 3. С. 107–130

Соловьева М.А., Ахманов Г.Г., Монтели А.И. Новые свидетельства Валдайского оледенения в северо-восточной части Баренцевоморского шельфа (материалы TTR-19 и TTR-20) // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2021. Вып. 8. С. 222-227. doi:10.24412/2687-1092-2021-8-222-227

Старовойтов А.В. О максимальном позднеплейстоценовом оледенении восточной части шельфа Баренцева моря // Доклады Академии наук. 1999. Т. 364. № 2. С. 227-230.

Эпштейн О.Г., Длугач А.Г., Старовойтов А.В. и др. Плейстоценовые отложения восточной части Баренцева моря (районы Центральной впадины и Мурманской банки).

Сообщение 1. Условия залегания и основные черты строения // Литология и полезные ископаемые. 2011. № 2. С. 132-153.

*Bjarnadóttir L., Winsborrow M., Andreassen K.* Deglaciation of the central Barents Sea. // *Quaternary Science Reviews*. 2014. Vol. 92. P. 208-226. doi: 10.1016/j.quascirev.2013.09.012

*Dowdeswell J., Montelli A., Akhmanov G., Solovyeva M., Terekhina Y., Mironyuk S., Tokarev M.* Late Weichselian ice-sheet flow directions in the Russian northern Barents Sea from high-resolution imagery of submarine glacial landforms // *Geology*. 2021. Vol. 49. P. 1484-1488. doi: 10.1130/G49252.1

*Gripp K.* Glaziologische und geologische Ergebnisse der Hamburger. Spitsbergen-Expedition // *Abh. Naturw. Ver. Bd. 1927*. Vol. 22, Hamburg, 1929. 186 P.

*Hughes A.L.C., Gyllencreutz R., Lohne Ø. S., Mangerud J., Svendsen J.* The last Eurasian ice sheets – a chronological database and time-slice reconstruction, DATED-1 // *Boreas*. 2016. Vol. 45. P. 1–45. doi: 10.1111/bor.12142

*Jakobsson M., Andreassen K., Bjarnadóttir L.R., Dove D., Dowdeswell J.A., England J.H., Funder., S., Hogan K., Ingólfsson Ó., Jennings A., Krog-Larsen N., Kirchner N., Landvik J Y., Mayer L., Mikkelsen N., Möller Per., Niessen F., Nilsson J., O'Regan M., Polyak L., Nørgaard Petersen N., Stein R.* Arctic ocean glacial history // *Quaternary Science Reviews*. 2014. Vol. 92. P. 40-67. doi: 10.1016/j.quascirev.2013.07.033

*Montelli A., Solovyeva M., Akhmanov G., Mazzini A., Piatilova A., Bakay E., Dowdeswell J. A.* The geomorphic record of marine-based ice dome decay: Final collapse of the barents sea ice sheet // *Quaternary Science Reviews* 2023. Vol. 303, 107973 doi: 10.1016/j.quascirev.2023.107973

*Patton H., Andreassen K., Bjarnadóttir L., Dowdeswell J.A., Winsborrow M., Noormets R., Polyak L., Auriac A., Hubbard A.* Geophysical constraints on the dynamics and retreat of the Barents Sea Ice Sheet as a palaeo-benchmark for models of marine ice-sheet deglaciation // *Reviews of Geophysics*. 2015. Vol. 53. P. 1051-1098. doi: 10.1002/2015RG000495

*Svendsen J., Alexanderson H. Astakhov V., Demidov I., Dowdeswell J., Funder S., Gataullin, V., Henriksen M., Hjort C., Houmark-Nielsen M., Hubberten H.-W., Ingólfsson Ó., Jakobsson M., Kjaer K., Larsen E., Lokrantz H., Lunkka J., Lyså A., Mangerud J., Stein R.* Late Quaternary ice sheet history of Northern Eurasia // *Quaternary Science Reviews*. 2004. P. 1229-1271. doi: 10.1016/j.quascirev.2003.12.008

*Terekhina Y.E., Gorbachev S.V., Maev P.A., Ponimaskin A.I.* A Possibility of Using Standard 3D Seismic Data for Assessment of Drilling Geohazards in Transit Zone // *Near Surface Geoscience 2016 - Second Applied Shallow Marine Geophysics Conference*. EAGE Publications Vol. 2016. P. 1 – 5. doi: 10.3997/2214-4609.201602144

## THE WEICHSELIAN GLACIATION IN THE EASTERN BARENTS SEA

*Solovyeva M.A.<sup>1</sup>, Rybalko A.E.<sup>2</sup>, Montelli A.I.<sup>3</sup>, Terekhina Ya.E.<sup>1</sup>, Kolubakin A.A.<sup>2</sup>, Tokarev M.Yu.<sup>1</sup>, Akhmanov G.G.<sup>1</sup>*

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

<sup>2</sup>Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

<sup>3</sup>Scott Polar Research Institute, University of Cambridge, Cambridge, UK

<sup>4</sup>LLC «RN-Exploration», Moscow, Russia

The study demonstrates an analysis of the most representative database of 2D/3D seismic survey, engineering-geophysical survey, multibeam echosounding and bottom sampling in the Russian sector of the Barents Sea. As the result, a wide variety of glacial landforms were detected and mapped. Peculiarities of their distribution suggest that the ice-sheet glaciation was developed on the entire Barents Sea shelf. Analysis of glacial landforms allowed reconstructing the evolution of the glaciation in the Late Weichselian, making the pre-existing models significantly better detailed. Directions of ice streams as well as positions of marine-based ice dome were revealed.

Keywords: *Barents Sea, multibeam echosounding, 2D/3D seismic, glacial landforms, Weichselian glaciation, paleogeographic reconstructions*

## REFERENCES

- Gritsenko I.I., Krapivner R.B. Recent deposits of the South Barents region: sedimentary (sedimentary) seismostratigraphic complexes and their material composition // Recent deposits and paleogeography of the northern seas. KSC AS USSR. Apatity, 1989. pp. 28-45.
- Dibner V.D. Franz Josef Land // Proceedings of NIIGA. 1959. T. 91. 145 p.
- Dibner V.D. Main features of the relief and Quaternary history of the Arctic shelf of Eurasia // INQUA, VI-th Congress, Abstracts of Papers, 1961. pp. 161-163
- Klenova M.V. Geology of the Barents Sea. M.: Nauka, 1960. 342 p.
- Kolyubakin A.A., Gubareva O.A., Terekhina Ya.E., Khlebnikova O.A., Rybalko A.E., Starovoitov A.V., Tokarev M.Yu. Approaches to seismostratigraphic analysis for paleoreconstructions of Quaternary geological processes on the Barents Sea shelf // Geophysics. 2021. No. 6. P. 104-110.
- Kostin D.A., Tarasov G.A. Quaternary sedimentary cover of the Barents-Kara basin // Geology and geoecology of the continental margins of Eurasia. M.: GEOS. 2011. Issue. 3. pp. 107-130
- Solovyeva M.A., Akhmanov G.G., Montelli A.I. 2021. New important imprints of the Weichselian glaciation recorded in the north-eastern Barents Sea during the TTR-19 and TTR-20 cruises. Relief and Quaternary deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia. Issue 8. P. 222-227. doi:10.24412/2687-1092-2021-8-222-227
- Starovoitov A.V. On the maximum Late Pleistocene glaciation of the eastern part of the Barents Sea shelf // Reports of the Academy of Sciences. 1999. Vol. 364. No. 2. P. 227-230.
- Epshtein O.G., Dlugach A.G., Starovoytov A.V., Romanyuk B.F. Pleistocene sediments of the eastern Barents Sea (Central Deep and Murmansk Bank areas): Communication 1. Occurrence conditions and main structural features // Lithology and Mineral Resources. 2011. Vol. 46. № 2. P. 115-134. doi: 10.1134/S0024490211020027
- Bjarnadóttir L., Winsborrow M., Andreassen K. Deglaciation of the central Barents Sea. // Quaternary Science Reviews. 2014. Vol. 92. P. 208-226. doi: 10.1016/j.quascirev.2013.09.012
- Dowdeswell J., Montelli A., Akhmanov G., Solovyeva M., Terekhina Y., Mironyuk S., Tokarev M. Late Weichselian ice-sheet flow directions in the Russian northern Barents Sea from high-resolution imagery of submarine glacial landforms // Geology. 2021. Vol. 49. P. 1484-1488. doi: 10.1130/G49252.1
- Gripp K. Glaziologische und geologische Ergebnisse der Hamburger. Spitsbergen-Expedition // Abh. Naturw. Ver. Bd. 1927. Vol. 22, Hamburg, 1929. 186 P.
- Hughes A.L.C., Gyllencreutz R., Lohne Ø. S., Mangerud J., Svendsen J. The last Eurasian ice sheets – a chronological database and time-slice reconstruction, DATED-1 // Boreas. 2016. Vol. 45. P. 1-45. doi: 10.1111/bor.12142
- Jakobsson M., Andreassen K., Bjarnadóttir L.R., Dove D., Dowdeswell J.A., England J.H., Funder S., Hogan K., Ingólfsson Ó., Jennings A., Krog-Larsen N., Kirchner N., Landvik J.Y., Mayer L., Mikkelsen N., Möller Per., Niessen F., Nilsson J., O'Regan M., Polyak L., Nørgaard Petersen N., Stein R. Arctic ocean glacial history // Quaternary Science Reviews. 2014. Vol. 92. P. 40-67. doi: 10.1016/j.quascirev.2013.07.033
- Montelli A., Solovyeva M., Akhmanov G., Mazzini A., Piatilova A., Bakay E., Dowdeswell J. A. The geomorphic record of marine-based ice dome decay: Final collapse of the barents sea ice sheet // Quaternary Science Reviews 2023. Vol. 303, 107973 doi: 10.1016/j.quascirev.2023.107973
- Patton H., Andreassen K., Bjarnadóttir L., Dowdeswell J.A., Winsborrow M., Noormets R., Polyak L., Auriac A., Hubbard A. Geophysical constraints on the dynamics and retreat of the Barents Sea Ice Sheet as a palaeo-benchmark for models of marine ice-sheet deglaciation // Reviews of Geophysics. 2015. Vol. 53. P. 1051-1098. doi: 10.1002/2015RG000495
- Svendsen J., Alexanderson H., Astakhov V., Demidov I., Dowdeswell J., Funder S., Gataullin, V., Henriksen M., Hjort C., Houmark-Nielsen M., Hubberten H.-W., Ingólfsson Ó., Jakobsson M., Kjaer K., Larsen E., Lokrantz H., Lunkka J., Lyså A., Mangerud J., Stein R. Late Quaternary ice sheet history of Northern Eurasia // Quaternary Science Reviews. 2004. P. 1229-1271. doi: 10.1016/j.quascirev.2003.12.008
- Terekhina Y.E., Gorbachev S.V., Maev P.A., Ponimaskin A.I. A Possibility of Using Standard 3D Seismic Data for Assessment of Drilling Geohazards in Transit Zone // Near Surface Geoscience 2016 - Second Applied Shallow Marine Geophysics Conference. EAGE Publications Vol. 2016. P. 1 – 5. doi: 10.3997/2214-4609.201602144