

doi: 10.24412/2687-1092-2023-10-85-92



## ПАЛЕОДОЛИНЫ И ПАЛЕОДЕПРЕССИИ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАРСКОГО МОРЯ ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

✉ Замотина З.С.<sup>1</sup>, Старовойтов А.В.<sup>1</sup>, Токарев М.Ю.<sup>1</sup>, Терёхина Я.Е.<sup>1</sup>, Колюбакин А.А.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>ООО «РН-Эксплорейшн», Москва, Россия

✉ [zlata\\_zamotina@mail.ru](mailto:zlata_zamotina@mail.ru)

На основе данных 2D/3D сейсморазведки стандартного (2D/3D СР), высокого (2D СВР) и сверхвысокого (2D ССВР) разрешения, акустического профилирования (АПр) и многолучевого эхолотирования (МЛЭ) идентифицированы палеодолины и палеодепрессии в юго-западной части Карского моря. Выделены три генерации палеодолин, формирование которых связано предположительно с флювиальными, флювиогляциальными и экзарационными процессами, существовавшими во времена регрессий плиоцен(?)–четвертичного времени. В процессе детального анализа внутреннего строения палеодолин выявлено, что большая часть из них (более 60%) характеризуется U-образным поперечным профилем, что может быть связано как с преобладанием процессов боковой эрозии в спокойных тектонических условиях, так и с первостепенной ролью ледников, вероятно, существовавших в районе исследований в позднечетвертичный период [Замотина и др., 2023а; Рыбалко и др., 2020; Svendsen et al., 2004]. В районе северной части Западно-Карской ступени и Ямало-Гыданской отмели были обнаружены палеодолины с признаками залегания многолетнемерзлых пород, а также предположительно термокарстовые палеодепрессии, что может свидетельствовать о том, что рассматриваемая часть площади не была перекрыта ледником в максимум последнего оледенения. На основе данных 3D СР выявлена существенная перестройка палеосети в районе юго-западной части шельфа Карского моря.

Ключевые слова: палеодолины, палеодепрессии, максимум последнего оледенения, термокарст, сейсморазведка, шельф, Карское море

**Введение.** Палеодолины и палеодепрессии Карского шельфа являются объектом исследований учёных со второй половины XX века. Интерес к этим формам рельефа вызван, в первую очередь, тем, что они представляют собой «чувствительные» геоморфологические системы, реагирующие на изменение палеогеографических условий, в том числе климата и тектонического режима. Их изучение является важным для восстановления событий геологического прошлого. Во вторую очередь, их осадочное выполнение может быть связано с опасными геологическими процессами и явлениями, которые необходимо учитывать при строительстве подводной инфраструктуры и проведении буровых работ. Палеодолины и палеодепрессии на территории Карского моря рассматривались в работах А.Г. Ласточкина [1977], Е.Е. Мусатова [1987] и др. Авторы перечисленных работ создали схемы палеодолин, которые были основаны на морских навигационных картах, не являющихся аналогом топографических, редких сейсмоакустических профилях (в большинстве случаев при их отсутствии) и крайне ограниченных сведениях о вещественном составе донных отложений.

В настоящей работе показаны результаты анализа широкого набора 2D/3D сейсмических данных метода отраженных волн в модификации общей глубинной точки (МОВ-ОГТ), полученных в разных частотных диапазонах. Целью работы являлось обнаружение палеодепрессий и палеодолин, выявление пространственного положения и особенностей их внутреннего строения по сейсмическим данным в юго-западной части Карского моря. В ходе исследования были также привлечены сейсмоакустические и гидроакустические данные, которые позволили детализировать верхнюю часть разреза до нескольких сотен метров по грунту и выявить погребенные и выраженные в рельефе дна отрицательные формы рельефа. На основе сейсмических данных, а также материалов

инженерно-геологического бурения и опубликованных данных о геологии района работ [Вискунов и др., 2004; Шпилов, Шкарубо, 2010], сделаны предположения о возрасте комплексов, в пределах которых наблюдаются палеодолины и палеодепрессии. Совокупность выявленных сейсмических признаков, а также подробный анализ формы поперечного сечения, особенностей строения тальвега, морфометрических параметров, структуры и мощности осадков, выполняющих палеодолины, имеющиеся сведения о геологии района работ являлись основой для уточнения предполагаемого генезиса и восстановления палеогеографических событий юго-западной части Карского моря.

**Данные и методы.** В рамках настоящей работы использовались данные 2D/3D стандартной сейсморазведки (2D/3D СР) метода отраженных волн в модификации общей глубинной точки (МОВ-ОГТ) (частотный диапазон – 5-70 Гц, вертикальная разрешающая способность – 10–20 м, глубинность – более 1000 м), полученные и обработанные в разные годы компаниями, занимающимися освоением нефтегазоносного потенциала региона Карского моря. Помимо низкочастотных материалов сейсморазведки (2D/3D СР), рассмотрены данные 2D сейсморазведки высокого (СВР) (частотный диапазон – 50–500 Гц, вертикальная разрешающая способность – 2–5 м, глубинность – 500 м), сверхвысокого разрешения (ССВР) (частотный диапазон – 200–1000 Гц, вертикальная разрешающая способность – 1–3 м, глубинность – до 200 м), акустического профилирования (АПр) (частотный диапазон – 1500–7500 Гц, вертикальная разрешающая способность – 0,5–1 м, глубинность – до 10 м), цифровые модели рельефа дна (ЦМР), построенные по результатам многолучевого эхолотирования (МЛЭ). Набор мультиспектральных данных (2D СВР, 2D ССВР, АПр, МЛЭ) получен в ходе инженерно-геофизических изысканий в период с 2013 по 2018 г. Дополнительно использовались данные инженерно-геологического бурения, в частности, литологическое описание образцов керна.

**Результаты.** В пределах участка площадью около 114 500 км<sup>2</sup>, с глубинами воды от 10-50 м (в районе Ямало-Гыданской отмели) до 500 м (в районе Восточно-Новоземельского желоба), проведено картирование палеодолин по данным 2D/3D СР на основе следующих сейсмических признаков: характерной формы поперечного сечения (U-, V-образной или террасированной), наличием углового несогласия в бортовых частях и днище палеодолины, линейной формы в плане. Осадочное выполнение палеодолин сильно отличается от вмещающих отложений по волновой картине, которая может быть субгоризонтально слоистой, акустически «прозрачной» или «хаотической». Все выделенные палеодолины были разделены на три, вероятно, разновозрастные генерации, формирование которых связано предположительно как с флювиальными (деятельностью постоянных и временных водотоков), так и флювиогляциальными (воздействием талых вод) процессами.

Палеодолины первой генерации являются наиболее крупными и хорошо прослеживаемыми по данным низкочастотной сейсморазведки в пределах участка исследования. Протяженность этих структур изменяется от 10 до 140 км, ширина – от 0.5 до 4.5 км, средняя мощность выполняющих осадков – от 140 до 450 м. Абсолютные отметки глубин залегания тальвега палеодолин находятся в диапазоне от 290 до 600 м. 70% палеодолин первой генерации имеют U-образный профиль в поперечном сечении. 18% из них обладают V-образной и 12% – террасированной формами поперечного профиля. Вероятно, палеодолины первой генерации являются наиболее древними.

Палеодолины второй генерации менее протяженные (менее 50 км) по сравнению с палеодолинами, отнесенными к первой генерации. Ширина выявленных форм изменяется в диапазоне от 0.5 до 1.5 км, средняя мощность выполняющих осадков не более 150 м. По форме поперечного сечения 60% палеодолин второй генерации являются корытообразными (U), и 40% из них обладают треугольной формой (V).

К палеодолинам третьей генерации, вероятно, самым молодым, были отнесены структуры, характеризующиеся протяженностью от 1.5 до 50 км, шириной от 0.2 до 6 км и средней мощностью выполняющих осадков менее 50 м. Большая часть из них (80%)

обладает U-образным поперечным профилем, и небольшая часть (20%) отличается наличием террас.

На рисунке 1 приведен пример выявления палеодолин трех генераций по данным 3D СР в районе Западно-Карской ступени Карского моря. Выявленные структуры врезаны в сейсмокомплекс, представленный отложениями предположительно палеоценового возраста [Государственная..., 2004]. Осадочное выполнение палеодолины первой генерации характеризуется хаотической волновой картиной и мощностью от 160 до 320 м (при скорости распространения продольных волн – 1600 м/с). Палеодолина вытянута с юго-востока на северо-запад (в сторону Восточно-Новоземельского желоба), имеет ширину от 0.5 до 1.7 км и протяженность около 30 км. Глубина залегания тальвега палеодолины изменяется в пределах от 415 м до 455 м ниже уровня моря (н.у.м.). В верхней части палеодолины выделяются наиболее молодые палеопонижения (второй и третьей генерации).

Палеодолины, отнесенные ко второй генерации, обладают меньшей мощностью слагающих их отложений (менее 150 м). Волновая картина осадочного выполнения выявленных форм преимущественно хаотическая. Протяженность палеодолин в пределах одного из участков в районе исследования изменяется от 2 до 30 км. Ширина не превышает 1.5 км. Глубина залегания тальвега выявленных форм находится в диапазоне от 300 до 400 м н.у.м.

В современном рельефе дна выделяются палеодолины третьей генерации, которые по данным 2D СР характеризуются маломощным осадочным выполнением, сопоставимым с вертикальной разрешающей способностью рассматриваемых данных (несколько десятков метров). Абсолютные отметки глубин залегания тальвега не превышают 320 м.

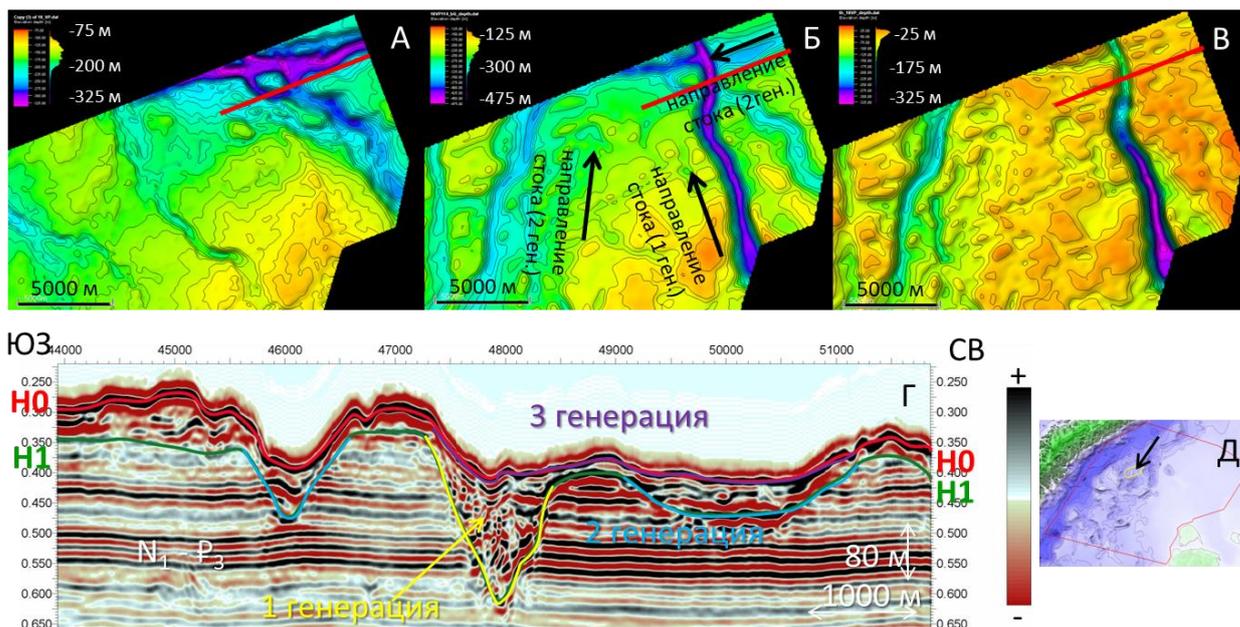


Рис. 1. Выделение трёх генераций палеодолин (показаны цветными линиями) по данным 3D СР в пределах Западно-Карской ступени Карского моря.

А – карта поверхности морского дна (ОГ Н0) (скорость – 1500 м/с), Б – структурная карта подошвы плиоцен(?)-четвертичных отложений [Государственная..., 2004] (ОГ Н1) (скорость – 1600 м/с), В – мощность плиоцен(?)-четвертичных отложений (ОГ Н0-Н1) (скорость – 1600 м/с). Г – фрагмент данных 3D СР, Д – батиметрия GEBCO [Jakobsson & Martin, 2016] с нанесенными контурами участка работ (красный полигон), границами сейсмического куба (3D СР) (жёлтый полигон с чёрной стрелкой). Чёрные стрелки на рис. Б соответствуют направлениям падения тальвега палеодолин (предполагаемому направлению стока во время их формирования).

Необходимо отметить, что для палеодолин второй и третьей генерации характерно два направления, в котором они вытянуты, а именно северо-западное и юго-западное (рис. 1, Б), что является свидетельством существенной перестройки палеосети в районе исследования.

Вопрос о времени формирования выявленных форм является неоднозначным, поскольку большая часть палеодолин характеризуется значительными абсолютными отметками глубин залегания тальвегов (более 200 м). Принимая во внимание, что амплитуда колебания уровня моря в позднечетвертичное время, в частности, в позднем неоплейстоцене не превышала 110-120 м относительно современного [Lambeck et al., 2014; Sejrup et al., 2022], можно предположить, что палеодолины являются дочетвертичными. Согласно публикации А.Н. Ласточкина [1977], на территории Карского моря было несколько этапов формирования и перестройки гидросети, обусловленных плиоцен-четвертичными эвстатическими колебаниями уровня моря и изменением тектонического режима. С одной стороны, возможно, что наиболее глубокие палеопонижения образованы в максимальную (плиоценовую [Ласточкин, 1977] или позднемииоценовую [Мусатов, 1998]) крупную регрессию, когда уровень моря был на несколько сотен метров ниже современного.

С другой стороны, для однозначного определения генезиса и времени формирования палеопонижений не хватает данных о составе и возрасте выполняющих отложений. Не исключено, что значительные абсолютные отметки залегания тальвега палеодолин можно объяснить влиянием неотектонического опускания в позднечетвертичное время.

Возможно, что образование некоторых из них связано с воздействием ледника на подледниковое ложе (экзарацией или интрагляциальными водами под давлением), однако этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Необходимо отметить, что признаки позднечетвертичного (сартанского) оледенения были обнаружены по данным 2D СВР, 2D ССВР, АПр и МЛЭ в пределах детальных участков [Замотина и др., 2023а]. Кроме того, в их пределах были идентифицированы палеодолины, предположительно сформированные в результате экзарационных и флювиогляциальных процессов [Замотина и др., 2023в].

В районе северной части Западно-Карской ступени и Ямало-Гыданской отмели были обнаружены палеодолины с признаками залегания многолетнемерзлых пород, а также предположительно термокарстовые палеодепрессии. Подробное описание палеодолин и палеодепрессий на детальных участках приведено в работах [Замотина и др., 2023а; 2023б].

В результате картирования всех выявленных отрицательных форм рельефа была составлена схема их расположения, которая впоследствии была сопоставлена с картой подводных долин северных морей СССР А.Н. Ласточкина (рис. 2). Необходимо отметить, что схема палеодолин, составленная в результате настоящего исследования, обеспечивает существенный прирост информации о пространственном положении, направлении и особенностях строения палеодолин и палеодепрессий в юго-западной части Карского моря. Несоответствия в расположении выделенных объектов (рис. 2) во многом связаны с использованием разного фактического материала, в частности, с существенным отличием в объеме данных сейсморазведки. Необходимо отметить, что представленная схема находится на первоначальной стадии разработки и будет уточняться на следующих этапах исследования.

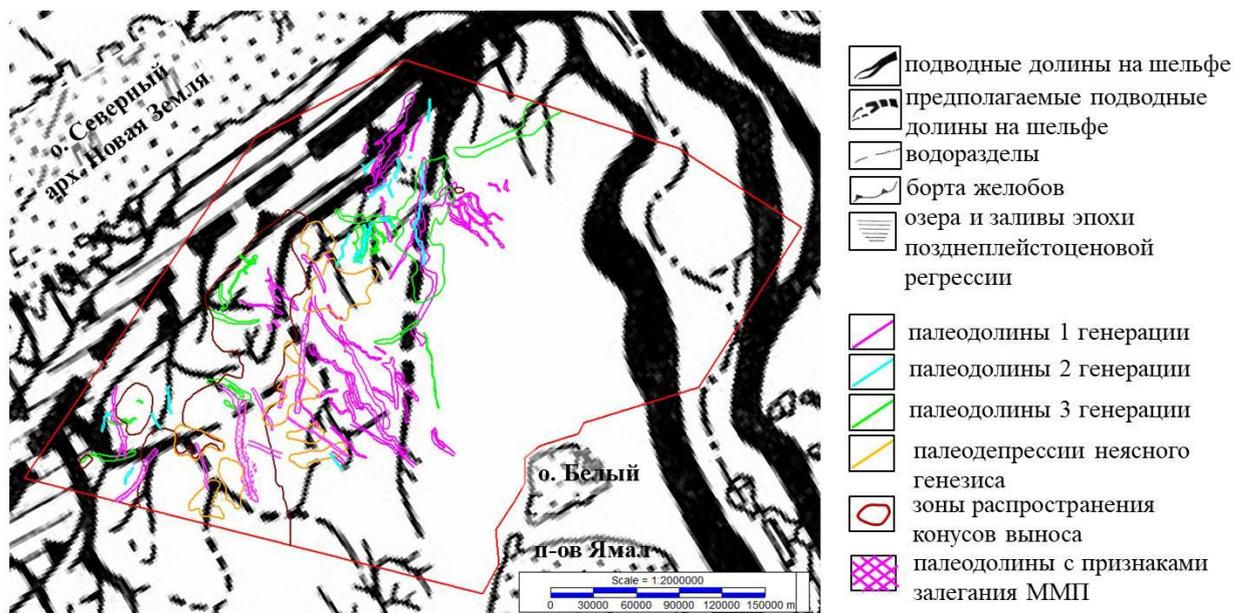


Рис. 2. Сопоставление результатов картирования с картой подводных долин северных морей СССР А.Н. Ласточкина [1977]. Район исследования показан красным полигоном.

**Заключение.** По результатам совместного анализа большого набора сейсмических данных, полученных в разных частотных диапазонах, были идентифицированы палеодолины и палеодепрессии в юго-западной части Карского моря. По имеющимся материалам проведен детальный анализ особенностей их внутреннего строения, пространственного положения и сделаны предположения об их возможном генезисе. Выделены три генерации палеодолин, формирование которых связано предположительно с флювиальными, флювиогляциальными и экзарационными процессами, существовавшими во времена регрессий плиоцен(?)–четвертичного времени. В процессе детального анализа внутреннего строения палеодолин выявлено, что большая часть из них (более 60%) характеризуется U-образным поперечным профилем, что может быть связано, как с преобладанием процессов боковой эрозии в спокойных тектонических условиях, так и с первостепенной ролью ледников, вероятно, существовавших в районе исследований в позднечетвертичный период [Замотина и др., 2023а; Рыбалко и др., 2020; Svendsen et al., 2004]. Кроме того, выявлена существенная перестройка палеосети в районе юго-западной части шельфа Карского моря.

В районе северной части Западно-Карской ступени и Ямало-Гыданской отмели были обнаружены палеодолины с признаками залегания многолетнемерзлых пород, а также предположительно термокарстовые палеодепрессии, что может свидетельствовать о том, что рассматриваемая часть площади не была перекрыта ледником в максимум последнего оледенения.

## ЛИТЕРАТУРА

Вискунова К.Г., Зинченко А.Г., Каленич А.П., Кийко О.А., Козлов С.А., Костин Д.А., Кузин И.Л., Лопатин Б.Г., Орго В.В., Пенедюк Е.В., Устинов Н.В., Шкарубо С.И., Яковлева Т.В. Государственная геологическая карта Российской Федерации, Масштаб 1:1 000 000 (новая серия), Лист S41-43 – о. Белый. Объяснительная записка. СПб.: Издательство СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2004, 206 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Лист S41-43. Масштаб 1:1 000 000. ОАО «МАГЭ», ФГБУ «ВНИИОкеангеология». Авторы: Костин Д.А., Кузин И.Л., Лопатин Б.Г.

Замотина З.С., Хлебникова О.А., Терехина Я.Е., Росляков А.Г., Репкина Т.Ю., Рыбалко А.Е., Колюбакин А.А. Определение границы максимального распространения последнего оледенения по данным сейсмоакустики и многолучевого эхолотирования

(юго-западная часть Карского моря) // Геофизика. 2023. №2. С. 29-39. doi: 10.34926/geo.2023.82.15.004

Замотина З.С., Терёхина Я.Е., Рыбалко А.Е., Репкина Т.Ю., Колюбакин А.А., Гончарова А.М. Особенности распространения эрозионно-аккумулятивных форм рельефа в северной части Восточно-Приновоземельского района Карского моря // Труды XI Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU)-2022» Том IV (IV). 2022. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС». Т.4. С. 245-250.

Замотина З.С., Старовойтов А.В., Токарев М.Ю., Терёхина Я.Е., Колюбакин А.А., Гончарова А.М. Палеодолины и палеодепрессии Восточно-Приновоземельского района Карского моря // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 2023. № 2. С. 117–127. doi: 10.55959/MSU0579-9406-4-2023-63-2-117-127

Ласточкин А.Н. Подводные долины северного шельфа Евразии // Известия Всесоюзного географического общества. 1977. Т. 109. №5. С. 412-417.

Мусатов Е.Е. Классификация речных палеодолин Баренцево-Карского шельфа в новейшее время // Тезисы докладов 2-й Всесоюзной конференции «Проблем четвертичной палеоэкологии и палеогеографии северных морей». Апатиты: АН СССР. 1987. С. 79-80.

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

Шипилов Э.В., Шкарубо С.И. Современные проблемы геологии и тектоники осадочных бассейнов Евразийско-Арктической континентальной окраины, Т. 1 Литолого- и сейсмостратиграфические комплексы осадочных бассейнов Баренцево-Карского шельфа (Под ред. Матишов Г.Г.) – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2010, 266 с.

Jakobsson M., Mayer L.A., Coakley B., Mayer L., Coakley B., Dowdeswell J.A., Forbes S., Fridman B., Hodnesdal H., Noormets R., Pedersen R., Rebesco M., Schenke H.W., Zarayskaya Yu., Accettella D., Armstrong A., Anderson R.M., Bienhoff P., Camerlenghi A., Church I., Edwards M., Gardner J.V., Hall J.K., Hell B., Hestvik O., Kristoffersen Y., Marcussen Ch., Rezwani M., Mosher D., Nghiem S.V., Pedrosa M.T., Travaglini P.G., Weatherall P. The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean (IBCAO) Version 3.0 // Geophys. Res. Lett., 2012, v. 39, L12609. doi: 10.1029/2012GL052219

Lambeck K., Rouby H., Purcell A., Sun Y.Y., Sambridge M. Sea level and global ice volumes from the Last Glacial Maximum to the Holocene. Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 2014. Vol. 111. Is. 43. P. 15296–15303. doi: 10.1073/pnas.141176211

Sejrup H.P., Hjelstuen B.O., Patton H., Esteves M., Winsborrow M., Rasmussen T.L., Andreassen K., Hubbard A. The role of ocean and atmospheric dynamics in the marine-based collapse of the last Eurasian Ice Sheet // Communications Earth & Environment. 2022. Vol. 3. Is. 119. doi: 10.1038/s43247-022-00447-0

Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I., Demidov I., Dowdeswell J. A., Funder S., Gataulling V., Henriksena M., Hjorti C., Houmark-Nielsen M., Hubberten H. W., Ingolfsson O., Jakobsson M., Kjæri K. H., Larsen E., Lokrantz H., Lunkka J. P., Astrid L., Mangerud J., Matiouchkov A., Murray A., Møller P., Niessens F., Nikolskaya O., Polyak L., Saarnisto M., Siegert C., Siegert M. J., Spielhagen R. F., Stein R. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia // Quaternary Science Reviews. 2004. Vol. 23. P. 1229-1271. doi: 10.1016/j.quascirev.2003.12.008

## **PALEOVALLEYS AND PALEODEPRESSIONS OF THE SOUTHERN-WEST PART OF THE KARA SEA ACCORDING TO SEISMIC DATA**

*Zamotina Z.S.<sup>1</sup>, Starovoutov A.V.<sup>1</sup>, Tokarev M.Yu.<sup>1</sup>, Terekhina Ya.E.<sup>1</sup>, Kolubakin A.A.<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup> LLC RN-Exploration, Moscow, Russia

Based on 2D/3D standard resolution seismic (SR), 2D high (HR) and ultra-high (UHR) resolution seismic, sub-bottom profiling (SBP) and multibeam echosounder (MBES) data, paleovalleys and paleodepressions were identified in the southern-west part of the Kara Sea. Three paleovalleys generations formed in result of presumably fluvial, fluvio-glacial and exaration processes in Pliocen(?)–Quaternary period were detected. In the process of a detailed analysis of the internal structure of paleovalleys, it was revealed that most of them (more than 60%) are characterized by a U-shaped form, which may be due both to the predominance of lateral erosion processes in calm tectonic conditions and to the primary role of glaciers that probably existed in the research area in the late Quaternary period [Zamotina et. al., 2023a; Rybalko et. al., 2020; Svendsen et al., 2004]. In the area of the northern part of the West Kara Stage and the Yamalo-Gydan Shoal, paleovalleys with signs of permafrost deposits were found, as well as presumably thermokarst paleodepressions, which may indicate that the part of the area under consideration was not covered by a glacier at the maximum of the last glaciation. Based on 3D SR data, a significant restructuring of the paleovalleys network was revealed in the area of the southwestern part of the Kara Sea shelf.

Keywords: *paleovalleys, paleodepressions, Last Glacial Maximum, thermokarst, seismic, shelf, Kara Sea*

### **REFERENCES**

*Viskunova K.G., Zinchenko A.G., Kalenich A.P., Kiyko O.A., Kozlov S.A., Kostin D.A., Kuzin I.L., Lopatin B.G., Orgo V.V., Penedyuk E.V., Ustinov N.V., Shkarubo S.I., Yakovleva T.V.* State geological map of the Russian Federation, Scale 1:1,000,000 (new series), Sheet S41-43 – about. White. Explanatory letter. St. Petersburg: Publishing house of St. Petersburg cart factory VSEGEI, 2004, 206 p.

State geological map of the Russian Federation. Sheet S41-43. Scale 1:1,000,000. JSC MAGE, Federal State Budgetary Institution VNIIOkeangeology. Authors: Kostin D.A., Kuzin I.L., Lopatin B.G.

*Zamotina Z.S., Khlebnikova O.A., Terekhina Ya.E., Roslyakov A.G., Repkina T.Yu., Rybalko A.E., Kolyubakin A.A.* Determination of the boundary of the maximum distribution of the last glaciation based on seismoacoustics and multibeam echo sounding data (southwestern part of the Kara Sea) // *Geophysics*. 2023. No. 2. pp. 29-39. doi: 10.34926/geo.2023.82.15.004

*Zamotina Z.S., Terekhina Ya.E., Rybalko A.E., Repkina T.Yu., Kolyubakin A.A., Goncharova A.M.* Features of the distribution of erosion-accumulative landforms in the northern part of the East Prinovozemelsky region of the Kara Sea // *Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference “Marine Research and Education (MARESEDU)-2022” Volume IV (IV)*. 2022. Tver: PolyPRESS LLC. T.4. pp. 245-250.

*Zamotina Z.S., Starovoytov A.V., Tokarev M.Yu., Terekhina Y.E., Kolubakin A.A., Goncharova A.M.* Paleovalleys and paleodepressions of the Kara Sea Vostochno-Prinovozemelsky area. *Moscow University Bulletin. Series 4. Geology*. 2023. No. 2. pp. 117–127. doi: 10.55959/MSU0579-9406-4-2023-63-2-117-127

*Lastochkin A.N.* Underwater valleys of the northern shelf of Eurasia // *Izvestija of the All-Union Geographical Society*. 1977. T. 109. No. 5. pp. 412-417.

*Musatov E.E.* Classification of river paleovalleys of the Barents-Kara shelf in modern times // *Abstracts of the 2nd All-Union Conference “Problems of Quaternary paleoecology and paleogeography of the northern seas”*. Apatity: USSR Academy of Sciences. 1987. pp. 79-80.

*Rybalko A.E., Mironyuk S.G., Roslyakov A.G., Kolyubakin A.A., Solovieva M.A., Terekhina Ya.E., Tokarev M.Yu.* New signs of glaciation in the Kara Sea: mega-scale glacial lineation in the East-Novozemelsky trench // *Relief and Quaternary deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia*. 2020. Issue 7. P. 175-181. doi:10.24411/2687-1092-2020-10727

*Shipilov E.V., Shkarubo S.I.* Modern problems of geology and tectonics of sedimentary basins of the Eurasian-Arctic continental margin, Vol. 1 Lithological and seismostratigraphic complexes of sedimentary basins of the Barents-Kara shelf (Ed. Matishov G.G.) - Apatity: Publishing house of the KSC RAS, 2010, 266 pp.

*Jakobsson M., Mayer L.A., Coakley B., Mayer L., Coakley B., Dowdeswell J.A., Forbes S., Fridman B., Hodnesdal H., Noormets R., Pedersen R., Rebesco M., Schenke H.W., Zarayskaya Yu., Accettella D., Armstrong A., Anderson R.M., Bienhoff P., Camerlenghi A., Church I., Edwards M., Gardner J.V., Hall J.K., Hell B., Hestvik O., Kristoffersen Y., Marcussen Ch., Rezwani M., Mosher D., Nghiem S.V., Pedrosa M.T., Travaglini P.G., Weatherall P.* The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean (IBCAO) Version 3.0 // *Geophys. Res. Lett.*, 2012, v. 39, L12609. doi: 10.1029/2012GL052219

*Lambeck K., Rouby H., Purcell A., Sun Y.Y., Sambridge M.* Sea level and global ice volumes from the Last Glacial Maximum to the Holocene. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* 2014. Vol. 111. Is. 43. P. 15296–15303. doi: 10.1073/pnas.141176211

*Sejrup H.P., Hjelstuen B.O., Patton H., Esteves M., Winsborrow M., Rasmussen T.L., Andreassen K., Hubbard A.* The role of ocean and atmospheric dynamics in the marine-based collapse of the last Eurasian Ice Sheet // *Communications Earth & Environment.* 2022. Vol. 3. Is. 119. doi: 10.1038/s43247-022-00447-0

*Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I., Demidov I., Dowdeswell J. A., Funder S., Gataulling V., Henriksena M., Hjorti C., Houmark-Nielsen M., Hubberten H. W., Ingolfsson O., Jakobsson M., Kjæri K. H., Larsen E., Lokrantz H., Lunkka J. P., Astrid L., Mangerud J., Matiouchkov A., Murray A., Møller P., Niessens F., Nikolskaya O., Polyak L., Saarnisto M., Siegert C., Siegert M. J., Spielhagen R. F., Stein R.* Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia // *Quaternary Science Reviews.* 2004. Vol. 23. P. 1229-1271. doi: 10.1016/j.quascirev.2003.12.008