

(табл. 1) по всей дельте Дуная прирост суши составил 21,91 км² (1,56 км²/год), размыв — 10,31 км² (0,74 км²/год). В итоге вся дельта приросла на 11,6 км².

Литература

Гидрология дельты Дуная — М.: ГЕОС, 2004. — 448 с.

Михайлова, М.В., Кравцова, В.И., Морозов, В.Н. Многолетние изменения морского края дельты Дуная // Водные

ресурсы. — 2019. — Т. 46. — №5. — С. 474-484.

Dan, S., Stive, M.J.F., Walstra, D.-J.R., Panin, N. Wave climate, coastal sediment budget and shoreline changes for the Danube Delta // Marine Geology. — 2009. — 262. — P. 39-49.

Dan, S., Walstra, D.-J.R., Stive, M.J.F., Panin, N. Processes controlling the development of a river mouth spit // Marine Geology. — 2011. — 280. — P. 116-129.

СТРОЕНИЕ РЕЛЬЕФА И ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ ЛЕДНИКОВЫХ МАСС КРАЕВОЙ ЗОНЫ ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВОГО ЛЕДНИКА В БАРЕНЦЕВОМОРСКОМ РЕГИОНЕ

Мороз Е.А.¹, Кохан А.В.², Зарайская Ю.А.¹, Сухих Е.А.¹, Соколов С.Ю.¹, Разумовский А.А.¹

¹Геологический институт РАН, г. Москва, Россия, morozzea@gmail.com

²ООО «Сварог», Москва, Россия, kkkkk1987@mail.ru

Аннотация. Концепция оледенения арктического региона в настоящее время является предметом дискуссий. В наибольшей степени это касается акватории современных арктических морей, в частности акватории Баренцева моря. Концептуальный спор об оледенении шельфовых акваторий включает две теории. Сторонники сплошного оледенения шельфа (Swedsen et al, 2004) придерживаются точки зрения о том, что в эпоху последнего ледникового максимума территория Баренцевоморского шельфа практически полностью была под ледником. Также развита концепция умеренного оледенения шельфа (Величко, 1989, Павлидис и др, 2005) согласно которой ледниковые покровы характеризовались дробной, зачастую нестабильной структурой и продвигались отдельными фронтами-языками. При таком характере распространения ледниковых масс, их суммарная мощность была меньше, что предполагает наличие плавучих массивов льда и многолетних паковых льдов в краевых зонах оледенения. Наличие гляциальной морфологии в рельефе дна Баренцевоморского шельфа является установленным, что позволяет говорить о контакте ледниковых тел с поверхностью дна. Актуальным является вопрос выяснения интенсивности этого контакта и формирования представлений о движении ледовых масс. Целью исследования был анализ гляциальной морфологии на примере полигона в центральной части Печорского моря и выявления характера перемещения ледовых масс в этом районе. Для этого были использованы детальные батиметрические данные, полученные с помощью многолучевого эхолота в 38 и 41-м рейсах НИС «Академик Николай Страхов». Был выполнен их морфометрический анализ и проведен комплексный анализ имеющихся опубликованных геолого-геофизических данных по району работ. В результате работы были выявлены формы гляциального генезиса позднеплейстоценового оледенения и

определены основные векторы движения ледниковых масс.

Ключевые слова: Печорское море, гляциальный рельеф, оледенение, многолучевой эхолот, сейсмоакустика

Введение. Полигон исследований располагается во внешней части отмелой аква-

тории центральной части Печорского моря (рис. 1), носящей название отмели Пахтусо-

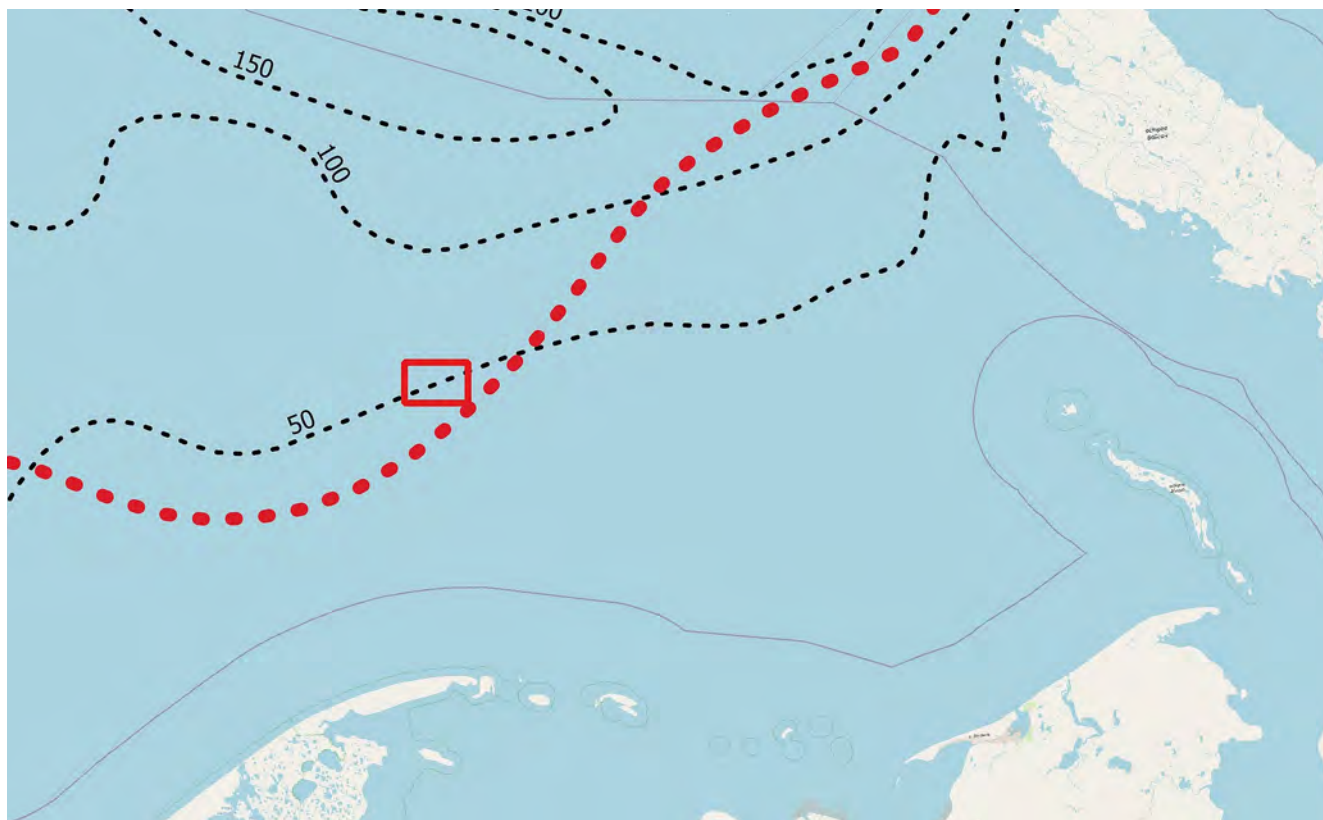


Рисунок 1. Обзорная схема района работ. Красным квадратом показано положение полигона. Красной пунктирной линией — южная граница позднеледниковой оледененности на шельфе Печорского моря по (Gattaulin et al., 2001)

ва. Она представляет собой абразионную и абразионно-аккумулятивную морскую равнину с глубинами от 0 до 50-60 м с сохранившейся субэвальной моделировкой и фрагментами позднеледниковой-голоценовых береговых форм (Birjukov, Ogorodov, 2005). В разрезе центральной части Печорского моря, согласно данным непрерывного сейсмопрофилирования и бурения, представлены следующие сеймостратиграфические комплексы: ССК I — голоценовый (морские осадки), ССК II — позднелед-

никовый (гляциоморские отложения), ССК III — верхневалдайский — максимум последнего оледенения (морены), ССК V — нижневалдайский (морена), ССК VII — московский (морена) (Эпштейн и др., 2019). Моренные отложения представлены суглинками с включением валунов и гравийно-галечного материала. Позднеледниковые отложения представлены ленточными глинами. Голоценовые морские осадки представлены различными литологическими разностями, в основном илистыми и песчаными.

Общая мощность четвертичного чехла невысокая и не превышает 25-50 м. С резким угловым несогласием (URU по (Solheim, Kristoffersen, 1984) четвертичные отложения перекрывают докайнозойские толщи. Согласно данным сейсмопрофилирования представленным в работе (Gattaulin et al., 2001) в районе работ непосредственно на докайнозойских отложениях залегают осадки ССК III мощностью до 10-20 м и мало-мощный фрагментарный чехол осадков ССК I (мощностью до 5-10 м, преимущественно первые метры). Вероятно наличие в этом районе и фрагментарных отложений ССКII, приуроченных к локальным впадинам. Непосредственно к югу от рассматриваемого полигона проходит так называемая линия о. Колгуев, которая маркирует южную максимальную границу распространения поздневалдайского ледникового массива (Gattaulin et al., 2001). Вдоль этой линии выклиниваются отложения ССК II и ССК III. Согласно сведениям о течениях района работ (Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР, 1990) преобладающее направление течений в районе работ — СЗ-ЮВ.

Материалы и методы. Анализ батиметрии района исследований, используемой в работе, производился по имеющейся цифровой модели рельефа дна Печорского моря (Кошель и др., 2014) и материалам детальной многолучевой съемки, выполненной в рамках научных программ 38 и 41 рейсов НИС «Академик Николай Страхов». Многолучевая батиметрическая съемка производилась на эхолоте Reson Seabat 8111/7150 с частотой 100 кГц. Для изучения строения верхней части разреза использовался непараметрический профилограф Edgetech 3300 с модулируемым сигналом частотой 2-6 кГц и длительно-

стью импульса 40 мс. На основании полученной ЦМР и опубликованных данных о геологическом строении района исследований была выполнена комплексная интерпретация рельефа дна полигона.

Результаты. Глубина дна на полигоне изменяется от 41 до 60 м. В западной части полигона была обнаружена крупная положительная форма рельефа — А (рис.2), которая протягивается с севера на юг по азимуту 21°. Длина продольной оси поднятия около 6 км, а поперечной 2 км. Относительное превышение над прилегающими участками дна составляет 13 м. Наивысшая точка поднятия располагается на глубине 42 м. В структуре поднятия слабо выражены четыре гряды, ориентированные по азимуту около 10-17°, высотой от 1,5 до 5-7 м и шириной от 0,3-0,5 до 1-1,2 км. Вершинная поверхность и склоны поднятия осложнены наложенными грядовыми формами, ориентирующимися по азимуту 130-140°. Высота этих форм не превышает 1-1,5 м, ширина — 50-100 м, длина — 450-550 м. Они обладают асимметричным строением — их северо-восточный склон более крутой (до 12-15°) по сравнению с юго-западным (до 5°). Северная оконечность морфологически схожего поднятия — Б (рис. 2) располагается у южной границы полигона. В центральной части поднятия наблюдается морфология форм хаотической ориентировки типа «ячеистых песков» и может быть связана с формами течениявого транспорта наносов.

В восточной части полигона располагается поднятие — В (рис. 2) изометричной в плане формы диаметром около 5-5,5 км, высотой около 10-13 м. Вершинная поверхность поднятия осложнена грядами северного простирания, аналогичными по про-

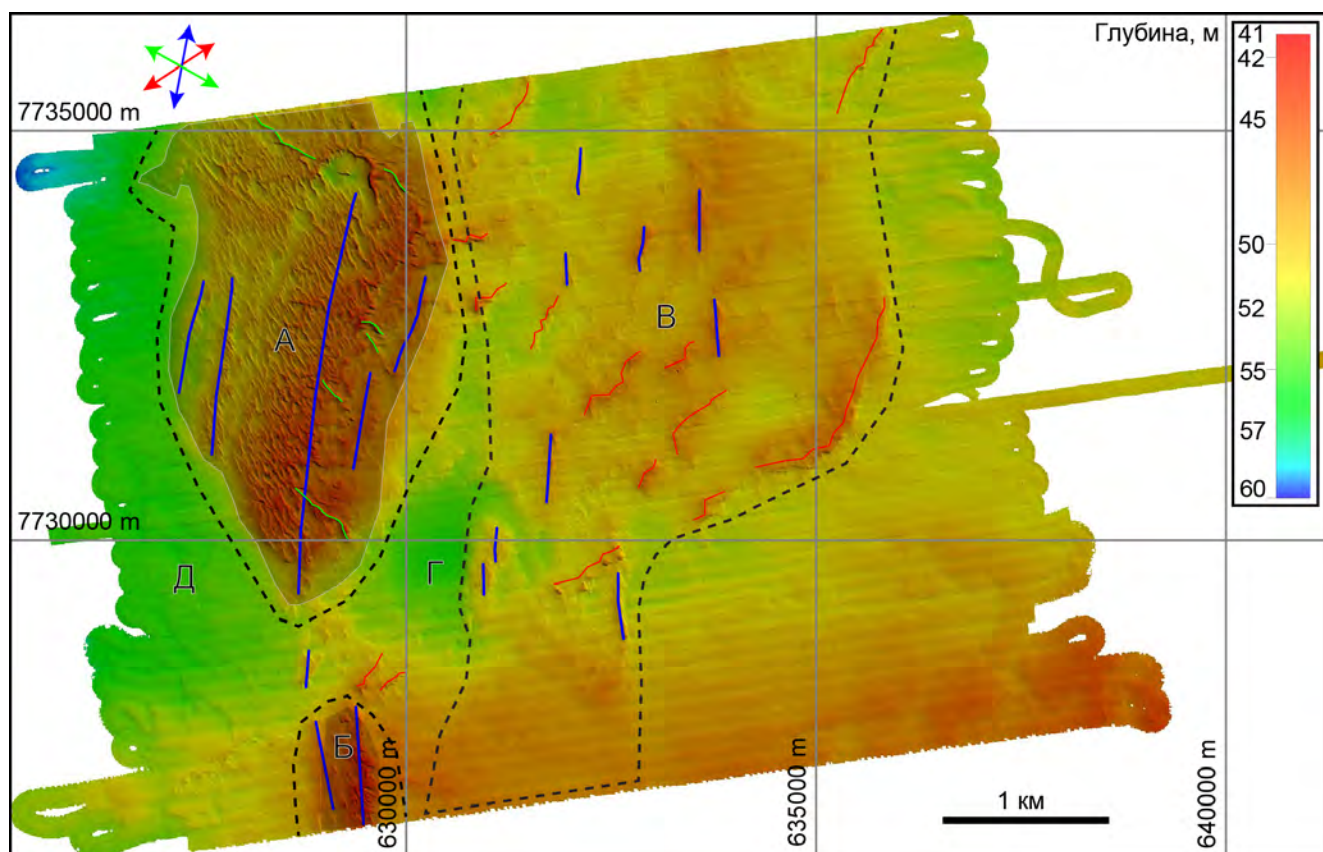


Рисунок 2. Рельеф дна и основные тренды развития грядовых форм гляциальной морфологии. Батиметрия по данным многолучевой съемки 38-41 рейсов НИС «Академик Николай Страхов».

стиранию грядам поднятий А и Б, а также гряда дуговидной и неправильной в плане формы с генеральным СВ-ЮЗ простиранием. Высота гряд не превышает 3-4 м, ширина — 500-600 м, длина — 1-2 км.

В центральной части и вдоль западной границы полигона располагаются понижения — Г, Д (рис. 2) с максимальными для полигона глубинами, достигающими 60 м, не осложненные грядовыми формами, которые могут быть интерпретированы как небольшие озерные формы, сформированные при таянии ледника.

Повсеместно на поверхности дна, за исключением участков поднятий, в рельефе дна отмечаются линейные экзарационные борозды, разделяющие невысокие (до

1,5 м), вытянутые положительные формы, схожие по облику с флютинг-моренами, ориентированные по азимуту 47°. В плане экзарационные борозды выражены фрагментарно, характеризуются глубиной вреза до 1 м и шириной до 50 м. Вероятно, что борозды частично перекрыты новейшими морскими осадками. Борозды не нарушают грядовые образования и, по-видимому, формировались синхронно с ними или же имеют более молодой возраст.

Таким образом, на полигоне прослеживается несколько генераций грядовых форм. Формы первого типа (синие линии, рис. 2) ориентируются в субмеридиональном направлении. Формы второго типа (красные линии, рис. 2) ориентируются преиму-

щественно в СВ-ЮЗ направлении. Формы третьего типа (наиболее крупные выделены зелеными линиями, рис. 2) ориентируются в СЗ-ЮВ направлении. Формы четвертого типа представлены линейной ледниковой штриховкой и флютинг-моренами, которые протягиваются четко в направлении СВ-ЮЗ.

Выводы:

1. По данным многолучевой батиметрии было установлено, что в краевой части позднеплейстоценового оледенения на шельфе Печорского моря развит сложно-построенный аккумулятивно-денудационный рельеф гляциальной морфологии, представленный конечно-моренными грядами различной ориентировки, флютинг-моренами и ледниковой штриховкой, а также осложняющими их формами меньшего порядка.

2. Существенные различия в ориентировке и моделировка грядовых форм указывает на разнонаправленный характер движения ледниковых масс и позволяет определить 2 вектора движения — СЗ-ЮВ, ЮЗ-СВ. Предполагается, что подобные особенности морфологии связаны с подвижкой одного из языков позднеплейстоценового ледника, имевшего сложную конфигурацию, на шельфе Печорского моря в фазу максимального развития оледенения.

3. Северо-западный тренд ассоциируется с продвижением и последующей деградацией ледниковых покровов со стороны архипелага Новая Земля или центральной части Баренцева моря. Юго-восточное направление может отражать как динамику локального выступа Баренцевоморского ледника со стороны о-ва Колгуев, так признаки внедрения ледниковых масс Балтийского щита.

4. Альтернативным является предположение о существовании узкого фронта лед-

ника СЗ-ЮВ ориентировки. При такой конфигурации, в процессе таяния, конечные моренные гряды могли формироваться, как перед фронтальной частью ледника, так и на его флангах, однако, при таком развитии событий неясным является форм ледниковой штриховки и флютингов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов №18-35-20060 и №18-05-70040.

Литература

Величко, А.А., Фаустова, М.А. Реконструкции последнего позднеплейстоценового оледенения северного полушария (18-20 тыс. лет назад) // Доклады Академии наук СССР. – 1989. – Т. 309. – №6. – С. 1465-1468.

Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 1. Баренцево море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – 1990.

Кошель, С., Кошель, А., Ушакова, Л. Картографирование рельефа дна северных морей России с использованием цифровых моделей / Интер-Карто/ИнтерГИС-20: Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение. Материалы международной конференции, Белгород, Харьков (Украина), Кигали (Руанда) и Найроби (Кения), 23 июля — 8 августа 2014 г. – Белгород: Издательство Константа, 2014. – С. 417-423.

Павлидис, Ю.А., Богданов, Ю.А., Левченко О.В., Мурдмаа И.О., Тарасов Г.А. Новые данные о природной обстановке в Баренцевом море в конце валдайского ледниковья // Океанология. – 2005. – Т. 45. – №1. – С. 92-106.

Эпштейн О.Г., Длугач А.Г., Старовойтов А.В. Важнейшие особенности строения, литологического состава и мощности покрова четвертичных отложений в восточной части Баренцева моря // Доклады Академии

Наук. – 2019. – Т. 485. – №3. – С. 331-334.

Biryukov V.Yu., Ogorodov S.A. Seafloor morphology of the Pechora Sea (based on bathymetry) / Pechora Sea Environments: Past, Present, and Future. Edited by H.A. Bauch, Yu.A. Pavlidis, Ye.I. Polyakova, G.G. Matishov, N. Koc Ber. – Polarforsch. Meeresforsch. – 2005. – V. 501. – P. 85-90.

Gattaulin V., Mangerud J., Svendsen J.I. The extent of the Late Weichselian ice sheet in the southeastern Barents Sea // Global and Planetary Change. – 2001. – V. 31. – P. 453-474

Solheim A., Kristoffersen Y., 1984. The physical environment in the Western Barents Sea, 1:5,000,000. Sediments above the upper regional unconformity: thickness, seismic stratigraphy and outline of the glacial history. – Norsk Polarinstitut, Skrifter 179B. – P. 1-26. – 11.

Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I., et al. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia // Quaternary Science Reviews. – 2004. – Vol. 23. – P. 1229-1271.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЛАБОРАТОРИИ МОРСКОЙ ГЕОМОРФОЛОГИИ КАФЕДРЫ ГЕОМОРФОЛОГИИ И ПАЛЕОГЕОГРАФИИ МГУ В 2005-2019 ГГ.

**Мысливец В.И., Сафьянов Г.А., Жиндарев Л.А., Бадюкова Е.Н.,
Репкина Т.Ю., Луговой Н.Н.**

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
myslivets@yandex.ru*

Аннотация. За прошедшее время морские геоморфологи кафедры геоморфологии и палеогеографии МГУ вели работы на всех морях Европейской России и за ее пределами. Исследовались проблемы палеогеографии побережий, морфологии и динамики берегов, опасные и неблагоприятные процессы и явления, вопросы прогноза развития берегов, геоморфологии шельфа Крыма и Керченского пролива, морфологической структуры океана, физической географии Мирового океана, эволюции островов Курильской гряды и многие другие. Ретроспективный анализ этих работ показывает, что внимание исследователей было сосредоточено на наиболее важных проблемах морской и береговой геоморфологии.

Ключевые слова: Лаборатория, морская геоморфология, моря, Мировой океан, берега, шельф, опасные процессы, прогноз

Введение. В 2005-2019 г.г. сотрудники Лаборатории морской геоморфологии вели исследования в рамках госбюджетных тем «Теоретические проблемы геоморфологических и палеогеографических исследований», «Структура, динамика и эволюция рельефа суши, контактных зон и дна океана», «Динамика и эволюция рельефа и рельефообразующие процессы Земли», «Эво-

люция природной среды, динамика рельефа и геоморфологическая безопасность природопользования». Для поддержки конкретных направлений в рамках этих тем подавались заявки в РФФИ, и на полученные по выигранным проектам средства проводились полевые исследования и выполнялись аналитические работы. Всего коллективом было выиграно 28 заявок на работы по про-