

УДК 551.462(268.52)

В.Ю. Бирюков, А.А. Ермолов, С.А. Огородов

РЕЛЬЕФ ДНА БАЙДАРАЦКОЙ ГУБЫ КАРСКОГО МОРЯ¹

Введение. Полномасштабное освоение газовых и газоконденсатных месторождений п-ова Ямал имеет ключевое значение для обеспечения прогнозируемых объемов добычи газа в долгосрочной перспективе. При этом основой для удовлетворения растущего спроса на газ и повышения гибкости поставок газа является дальнейшее развитие системы магистрального транспорта. Это требует решения ряда сложнейших задач в связи с удаленностью ямальных месторождений от существующей системы газопроводов, сложными природно-климатическими условиями и необходимостью обеспечения надежности и экологической безопасности газопромысловых объектов. К числу стратегических относится проект сооружения многониточного подводного перехода системы магистральных газопроводов через Байдарацкую губу, в рамках которого ведутся комплексные научные исследования природных условий. В статье представлены результаты углубленного изучения рельефа дна, уточняющие и дополняющие существующие представления и имеющие большое значение для обеспечения потребностей проектирования, строительства и эксплуатации подводного перехода.

Методика исследования. Создание цифровой модели рельефа дна Байдарацкой губы — батиметрической карты масштаба 1:200 000 (рис. 1) выполнялось по оригинальной методике, включавшей несколько этапов и основанной на ручной авторской обработке и интерпретации картографического материала [10]. В качестве исходных отметок глубин были использованы морские навигационные карты ГУНиО СССР масштаба 1:500 000—1:100 000. Планово-картографическая основа формировалась на базе навигационной карты масштаба 1:200 000. При этом перевод картографической основы из системы координат Пулково-1942 в систему координат WGS-84 (WGS-72) не проводился, так как в исследуемом районе разность координат (плановая ошибка) незначительна и никак не выражается в выбранном масштабе. Картографическое оформление, привязка, оцифровка и редакция карты выполнены в среде MapInfo Professional (версия 7.5 Rus).

Благодаря достаточно крупному масштабу батиметрической карты удалось не только уточнить, но и существенно детализировать донный рельеф, выявить отдельные элементы и формы. Соответственно увеличилась степень информативности геоморфологической карты, впервые составленной в масштабе 1:200 000 с использованием возможностей MapInfo Professional. Помимо батиметрических данных, для ее со-

здания был привлечен большой объем архивных и литературных материалов по геофизике, геологии, геоморфологии и палеогеографии Байдарацкой губы с целью выявления морфоструктурных особенностей и генезиса основных орографических элементов. Разработана оригинальная морфогенетическая легенда, учитывающая масштабы объектов и степень их генерализации на карте и охватывающая все типы и формы рельефа (рис. 2). На заключительном этапе геоморфологического картографирования выполнены описание и пространственно-временной анализ рельефа дна с целью определения механизмов и основных этапов рельефообразования.

Геоморфологическое строение дна. В современном рельефе дна Байдарацкой губы сохранились формы как субаэрального, так и субаквального генезиса, отражающие сложную историю развития региона в позднем плейстоцене и голоцене [1—6]. При этом субаквальный рельеф в большей степени выражен в диапазоне глубин от 0 до 15 м — в зоне наиболее интенсивного гидродинамического и ледового воздействия на дно, где формируются подводные валы и ложбины, отмели и экзарационные микроформы.

Собственно *подводный береговой склон* представляет собой наклонную, преимущественно абразионную равнину на глубине в среднем до 6—8 м, а в северных районах губы — до 10—12 м с максимальными уклонами дна (0,004—0,005). В средней части профиля на глубине 5—6 м нередко отмечается дополнительная ступень, соответствующая глубине морской границы волноприбойной зоны ежегодно повторяющихся штормовых волн обеспеченностью около 6% [4]. Области аккумуляции в пределах береговой зоны ограничены пологонаклонными мелководьями, закрытыми лагунами и заливами, а также приустьевыми участками, вблизи которых встречаются дельты и конусы выноса песчано-алевритового материала. В приустьевой части выделяются обширные ветровые и приливные осушки, достигающие максимальных размеров в зонах конвергенции вдольбереговых потоков наносов и в мелководных заливах. Зачастую они сочетаются с серией из 2—4 подводных вдольбереговых валов, положение которых не всегда выдержано по простирацию. Поперечное перемещение наносов связано также с многочисленными ложбинами, ориентированными согласно направлению приливно-отливных, сгонно-нагонных и волновых течений. Глубина этих образований может достигать 1—1,5 м, а ширина — десятков метров.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 05-05-64258 и № 07-05-12072-офи).

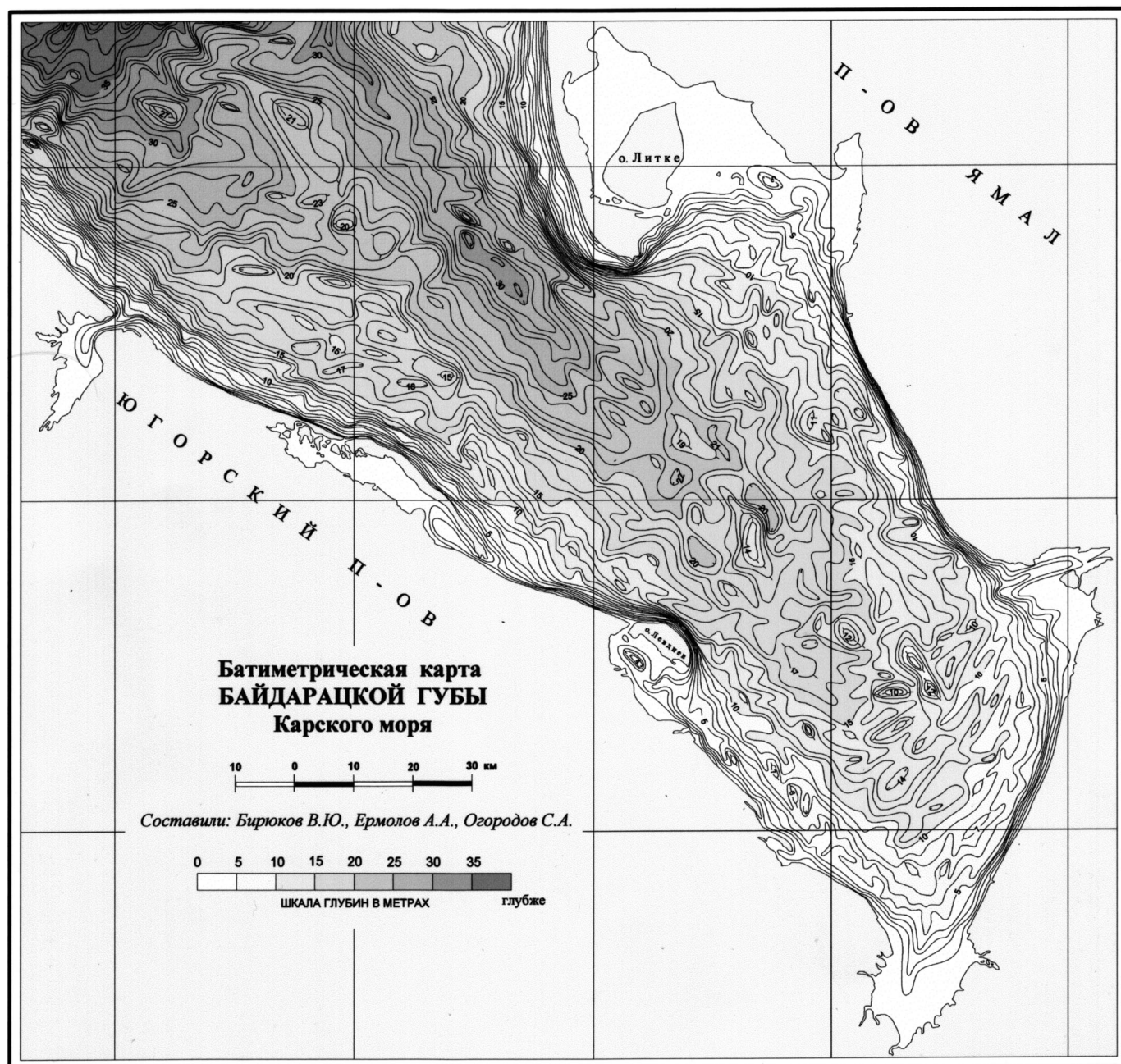


Рис. 1. Батиметрия дна Байдарцкой губы Карского моря

В пределах подводного склона с поверхности расположены наиболее пестрые по гранулометрическому составу прибрежно-морские осадки, характер распределения которых отвечает условиям гидродинамики. Для них типично “нормальное” (волновое) распределение гранулометрических типов с максимумом медианного диаметра наносов в верхней части профиля. Преобладают хорошо отсортированные песчаные разности, сочетающиеся в разрезе и плане с супесчано-суглинистыми прослоями. В затишных гидродинамических условиях можно встретить инверсионное распределение наносов по крупности, когда вблизи берега отлагается относительно тонкозернистый материал.

За пределами подводного берегового склона вне зоны активного волнового воздействия (до глубины

15–20 м) выработана слабонаклонная (0,004–0,001) террасовидная абразионно-аккумулятивная равнина. По мере нарастания глубины решающую роль в переносе наносов начинают играть приливо-отливные и другие течения. Соответственно в осадках равнины постепенно уменьшается содержание песчаных фракций почти до исчезновения, вместе с тем увеличивается содержание пелитовых фракций. Тонкодисперсные грунты наиболее распространены в восточной части губы, где разрез сложен однородными тяжелыми суглинками и глинами. В западной части в виде прослоев на различной глубине встречаются пачки песков, пылеватых супесей и легких суглинков. Они характеризуются разной, но в целом меньшей сортированностью по сравнению с песками на прибрежных участках [12].

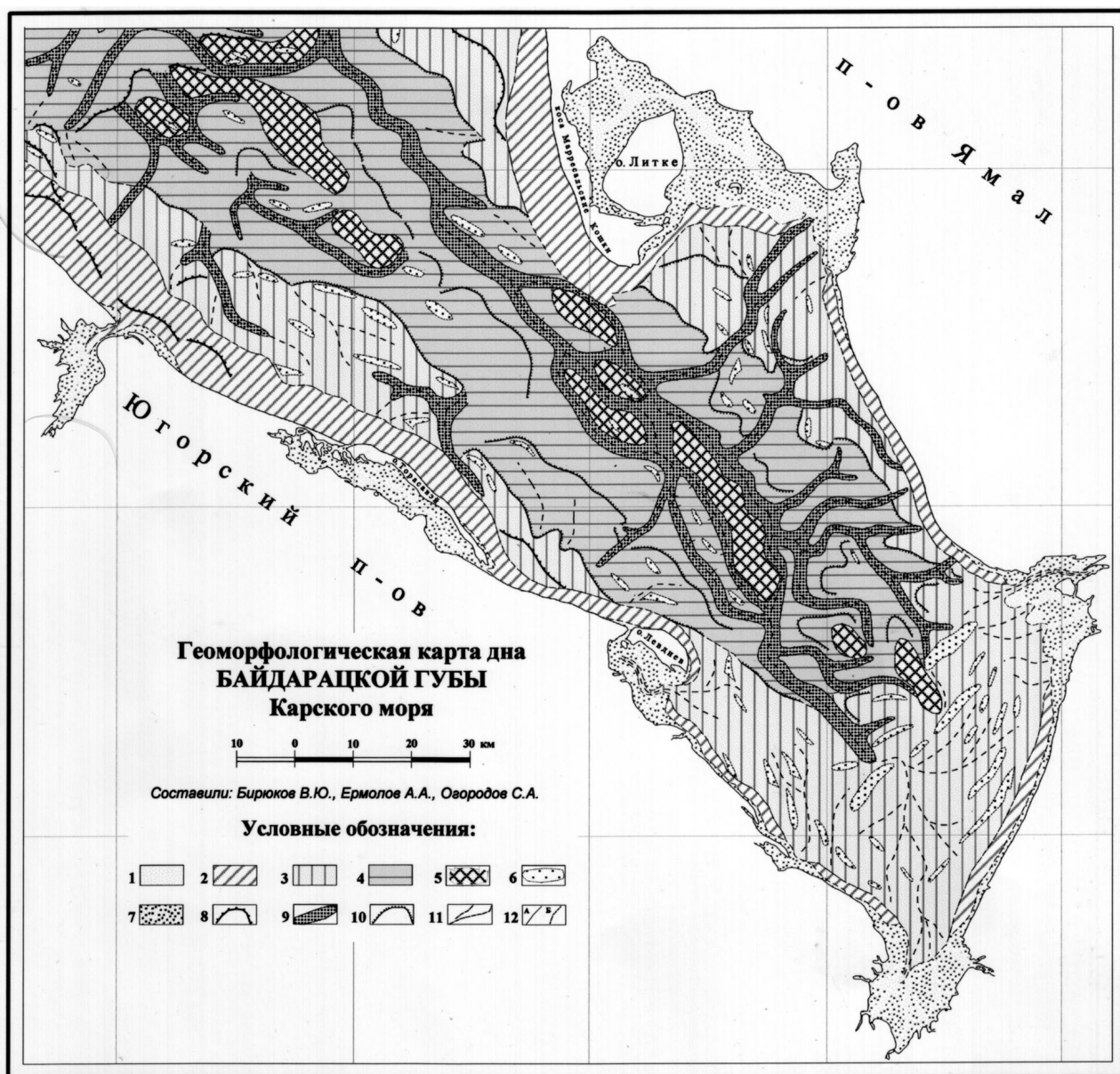


Рис. 2. Геоморфология дна Байдарацкой губы Карского моря: I — основные типы рельефа дна: 1 — пологонаклонные прибрежные аккумулятивные равнины (мелководья, закрытые лагуны и заливы) (Q_4); 2 — наклонные абразионные равнины в зоне современного волнового воздействия (Q_4); 3 — слабонаклонные абразионно-аккумулятивные равнины вне зоны активного волнового воздействия (Q_4); 4 — пологонаклонные, преимущественно аккумулятивные, вторично расчлененные равнины вне зоны активного волнового воздействия (Q_{3-4}); II — отдельные элементы и формы рельефа дна: 5 — крупные положительные формы субаэрального рельефа; 6 — аккумулятивные донные формы; 7 — ветровые и приливные осушки; 8 — абразионные уступы; фрагменты древней флювиальной сети; 9 — ложбины субаэрального происхождения (фрагменты затопленных долин); 10 — эрозионные уступы; 11 — тальвеги; III — прочие обозначения: 12 — геоморфологические границы (А — четкие, и Б — нечеткие)

Поверхность абразионно-аккумулятивной равнины осложнена множеством положительных форм, число которых заметно увеличивается в южной части губы, а генезис определяется по очертаниям и характеру слагающего материала. Подавляющее большинство этих форм является собственно волновыми аккумулятивными образованиями — подводными валами, частично или полностью перекрытыми позднеголоценовыми осадками и ориентированными в соответствии с положением изобат. Сложены они преимущественно мелкопесчаным и алевритовым материалом, а их подошва часто наложена на плотные глинистые толщи. Отмечаются валообразные, косо-

видные и клювовидные образования длиной до 10—15 км и шириной до 2—3 км. Высота их редко превышает 1,5—2 м. Морфология, литология и пространственное размещение этих аккумулятивных тел дают основание считать их древними береговыми формами, сформированными в периоды стабилизации уровня моря в ходе послеледниковой трансгрессии, которая протекала на фоне колебаний ледовитости моря и носила прерывистый характер [7, 9, 13]. Серии таких форм прослеживаются на различных гипсометрических уровнях и позволяют выделить фрагменты древних береговых линий на глубине 10—12, 13—15, 17—19, 21—23 и 25—27 м.

Наряду с аккумулятивными процессами волновая переработка затопляемой территории сопровождалась формированием абразионных уровней, о чем свидетельствует характерный ступенчатый профиль равнины и подводного берегового склона в северной части губы. Абразионные уступы длиной до 30—35 км ориентированы в соответствии с положением изобат и отмечаются на глубине 10—11, 15—16, 20—22, 25—27, 30—32 и 37—38 м.

Наибольшую площадь дна Байдарацкой губы, расположенную вне зоны волнового воздействия, занимает пологонаклонная (0,001—0,0005) преимущественно аккумулятивная вторично расчлененная равнина. С поверхности она перекрыта толщей глинистых грунтов, гистограммы которых имеют двухвершинный характер — с первым максимумом в глинистой части гранулометрического спектра и вторым, обычно менее выраженным, в крупнопылеватой и тонкозернистой его части [12].

Морфологическое оформление этой территории связано с регрессивным этапом развития шельфа Карского моря и глубоким эрозионным расчленением осушенной поверхности крупными и мелкими водотоками, деятельность которых протекала в условиях пониженного базиса эрозии и широкого распространения многолетнемерзлых пород. Специфика перигляциальной обстановки выражалась в активизации криогенных, эоловых и склоновых процессов, развитии термоэрозии и термокарста, что способствовало увеличению сноса терригенного материала с суши.

В ходе последующей трансгрессии рельеф и отложения эрозионной равнины подверглись переработке гидрогенными процессами, интенсивность которых во многом определялась скоростью поднятия уровня моря и его ледовитостью. В результате многие черты субаэрального рельефа были утрачены или оказались погребены под молодыми морскими осадками, устойчивая неволновая аккумуляция которых продолжается в наши дни. Тем не менее в современном рельефе дна сохранились неглубокие эрозионные врезы, флювиальный генезис которых устанавливается по характерной морфологии и непосредственной связи некоторых из них с протальвегами и устьями рек, впадающих в море. Ширина этих ложбин изменяется от 0,5 до 4—6 км, максимальная глубина не превышает 2—3 м. Ориентированы они согласно уклонам поверхности и образуют в плане рисунок разветвленной речной сети с хорошо выраженной прямолинейной долиной главной реки в центральной части Байдарацкой губы. По всей видимости, это прадолина р. Оби, которая заложилась еще в неогене и возобновлялась в позднем плейстоцене, а ее ориентировка обнаруживает связь с байдарацкой зоной глубинных разломов, которая проходит вдоль западного борта впадины [12].

Прадолина имеет ширину 25—45 км, продольный уклон 0,0002, она достаточно четко прослеживается с

глубины 12—15 м вдоль оси губы на расстояние более 200 км вплоть до глубины 30—35 м. В вершине губы прадолина теряет морфологическую выраженность, поскольку рельеф дна этой зоны в значительной степени изменен абразионно-аккумулятивными процессами. В пределах прадолины выявляются два уровня низких террас с относительными превышениями 7—10 и 14—16 м, фрагментарно развитых по обоим бортам и разделенных эрозионными уступами. Рельеф днища долины осложнен крупными положительными формами, напоминающими увалы, которые отличаются от древних аккумулятивных образований абразионно-аккумулятивной равнины главным образом морфометрическими параметрами. Это округлые или вытянутые вдоль губы возвышения длиной от 5—7 до 30—35 км, шириной до 10—15 км и относительной высотой до 5—6 м. Они образуют две группы: одну в северной части, другую в южной части между о. Левдиев и зал. Мутный. По нашему мнению, эти формы являются эрозионными останцами — фрагментами субаэрального рельефа, что определяется их положением между отдельными флювиальными формами, которые и контролируют их пространственную конфигурацию и ориентировку.

Завершая краткое описание рельефа дна, нельзя не упомянуть о микроформах, сформированных экзарационным воздействием деформированных морских льдов [11]. Как известно [8, 12], динамическая деформация ледяного покрова и его нагромождения в виде различных образований (наслоения, отдельные торосы, гряды торосов, несяки и стамухи) характерны для Байдарацкой губы и могут занимать до 2/3 площади акватории в зависимости от особенностей атмосферной циркуляции в тот или иной сезон. Под влиянием течений и ветра подводные части ледяных образований могут внедряться в донный грунт, образуя борозды и углубления различной глубины, ширины, протяженности и ориентировки. По морфологии они отличаются от форм волнового генезиса, вследствие чего хорошо дифференцируются дистанционными методами. Деформации встречаются практически на всех глубинах и имеют глубину до 1,5 м, а ширину до 40 м.

Заключение. Таким образом, геоморфологическое строение дна Байдарацкой губы в полной мере отражает последовательное изменение условий морфолитогенеза этой территории в позднем плейстоцене и голоцене с субаэрального этапа развития осушенной эрозионной равнины вплоть до настоящего времени, включая признаки неравномерного подъема уровня моря и деятельности береговых процессов. Выявлено фактическое отсутствие в рельефе каких-либо следов деструктивной или конструктивной деятельности ледников, что соответствует современным представлениям об ограниченном распространении ледниковых покровов в позднем плейстоцене.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авенариус И.Г., Ермолов А.А., Мысливец В.И., Репкина Т.Ю. Рельеф и некоторые аспекты палеогеографии позднего валдая—голоцена в районе о. Варандей (Баренцево море) // Седиментологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях морского перелгяциала. Кн. 1. Апатиты, 2001. С. 135—147.
2. Бирюков В.Ю., Дунаев Н.Н., Павлидис Ю.А. Осадочный чехол и развитие Западно-Карского шельфа в кайнозое // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1989. № 3. С. 53—59.
3. Бирюков В.Ю., Огородов С.А. Рельеф дна Печорского моря // Тр. Ин-та океанологии РАН. 2003. № 4. С. 105—110.
4. Бирюков В.Ю., Совершаев В.А. Рельеф дна юго-западной части Карского моря и история развития его в голоцене // Геология и геоморфология шельфов и материковых склонов. М., 1985. С. 89—95.
5. Бирюков В.Ю., Совершаев В.А. Геоморфология дна Карского моря // Динамика арктических побережий России / Под ред. В.И. Соломатина и др. М., 1998. С. 102—115.
6. Данилов И.Д. Палеогеографические события позднего кайнозоя в Арктике (суша — шельф — океан) // Корреляция палеогеографических событий: материк — шельф — океан. М., 1995. С. 38—49.
7. Данилов И.Д. Динамика уровня арктических морей азиатского сектора в последние 50 тыс. лет // Динамика арктических побережий России / Под ред. В.И. Соломатина и др. М., 1998. С. 116—130.
8. Камалов А.М., Огородов С.А., Бирюков В.Ю. и др. Морфолитодинамика берегов и дна Байдарацкой губы на трассе перехода магистральными газопроводами // Криосфера Земли. 2006. № 3. С. 3—14.
9. Каплин П.А., Селиванов А.О. Изменения уровня морей России и развитие берегов: прошлое, настоящее, будущее. М., 1999.
10. Ласточкин А.Н. Методы морского геоморфологического картографирования. Л., 1982.
11. Огородов С.А. Роль морских льдов в динамике береговой зоны арктических морей // Вод. ресурсы. 2003. Т. 30, № 5. С. 555—564.
12. Природные условия Байдарацкой губы. Основные результаты исследований для строительства подводного перехода системы магистральных газопроводов Ямал—Центр. М., 1997.
13. Селиванов А.О. Изменения уровня Мирового океана в плейстоцене—голоцене и развитие морских берегов. М., 1996.

Лаборатория геоэкологии Севера

Поступила в редакцию
29.01.07.

V.Yu. Biryukov, A.A. Ermolov, S.A. Ogorodov

BOTTOM RELIEF OF THE BAIDARATSKAYA BAY, INLET KARA SEA

The article presents the results of Baidaratskaya Bay bottom topography research based on detailed analysis of the bathymetric map at the scale of 1:2000,000. Their geomorphological interpretation made is possible to identify principal types, forms and elements of bottom topography which represent the intricate evolution of this territory during Late Pleistocene and Holocene. Forms of subaerial origin formed during the regressive stage of shelf evolution were found along with subaqueous relief and fragments of ancient shoreline forms.