

На правах рукописи

УДК 551.462.32

Никифоров Сергей Львович

РЕЛЬЕФ ШЕЛЬФА МОРЕЙ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

Специальность 25.00.28 - океанология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук

МОСКВА 2006

Работа выполнена в Институте океанологии им.П.П.Ширшова Российской Академии наук (ИОРАН)

Научный консультант:

Доктор географических наук Павлидис Ю.А.

Официальные оппоненты:

Доктор географических наук Жиндарев Л.А. (Географический факультет МГУ, г.Москва)

Доктор географических наук Ильин А.В. (АКИН, г. Москва)

Доктор технических наук Опарин А.Б. (ГНИИНГИ, г. С.Петербург)

Ведущая организация - Институт географии РАН

Защита состоится 14 февраля 2007 г. в 14.00 на заседании диссертационного совета Д.002.239.02 Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН по адресу: г.Москва, Нахимовский проспект, 36

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН

Автореферат разослан _____ 2006 г.

Ученый секретарь

Диссертационного совета

Панфилова С.Г.

Актуальность диссертации заключается в разработке общей концепции формирования рельефа арктического шельфа Российской Федерации, которая связана как с задачами по освоению природных ресурсов шельфа, так и специальными прикладными исследованиями.

В рельефе шельфа заложена информация о геологическом строении, истории развития и современных морфолитодинамических процессах. Изучение рельефа шельфа является первостепенной задачей для научных и прикладных исследований в области геологии, геоморфологии, геофизики, при проведении поисково-разведочных работ, включая прокладку трубопроводов, создании геоакустических и гидроакустических моделей.

Для реализации этих задач в зарубежных странах интенсивно развивается оперативная океанология и сделаны выводы о том, что расчеты распространения сигналов в море должны производиться с учётом геоакустических характеристик морского дна, в том числе подробного описания его рельефа. В 1998 году в США создана и широко используется в системе гидроакустических расчётов (СГАР) ВМС США стандартная батиметрическая база данных по рельефу дна – (DBDB – V) (Koehler, Qusters, 2002). Активно ведутся работы по созданию геоакустических моделей морского дна, создаются системы оперативного мониторинга.

В Российской Федерации, к сожалению, часто игнорируется комплексный подход к решению подобных практических задач. Вместе с тем, исследование рельефа должно являться приоритетным направлением национальной морской политики Российской Федерации и ее доктрины, которые должны предусматривать поддержание и развитие глобальных информационных систем и служить основой для принятия решения в области морской деятельности на всех уровнях. Такая постановка вопроса требует применения новых подходов к отображению рельефа морского дна, а именно создания нового поколения цифровых батиметрических карт с высоким разрешением и большой степенью надежности. Это, в свою очередь, требует

разработки новой классификации форм и типов рельефа шельфа арктических морей.

Основанием для написания данной работы послужили следующие основные причины:

- Необходимость создания общей концепции формирования рельефа шельфа арктических морей России на основе комплексного подхода и использования данных многолетних исследований.
- Необходимость разработки новой классификации форм рельефа арктического шельфа для фундаментальных и прикладных исследований.
- Необходимость разработки методики создания цифровых моделей рельефа.

Целью диссертации является разработка общей концепции формирования рельефа шельфа окраинных арктических морей и создание цифровой модели рельефа для фундаментальных и прикладных исследований.

Задачи

1. На основе результатов многолетних исследований в Арктике разработать характеристику рельефа шельфа окраинных арктических морей России.
2. На основе анализа современных и палеогеографических процессов, а также структурно-геологического строения выявить роль эндогенных и экзогенных факторов в формировании рельефа шельфа.
3. Создать основы новой классификации рельефа шельфа арктических морей.
4. На основе комплексного анализа природных процессов разработать методику для создания цифровой модели рельефа.

Защищаемые положения

1. Современный рельеф шельфа арктических морей образован в результате чередований ледниковых и межледниковых природных обстановок и сопутствующим им колебаний уровня Мирового океана, которые привели к формированию на структурах дчетвертичного фундамента морфогенетических комплексов ледникового, ледниково-морского, морского и субаэрального происхождения. Рельеф шельфа каждого из арктических морей России имеет собственную специфику, связанную как с современными процессами, так и с историей развития.

2. Разработанная новая морфогенетическая классификация форм и типов рельефа арктического шельфа позволяет создавать детальные карты рельефа дна. В основу положен анализ происхождения, морфологии и геологического строения рельефа.

3. Разработанные цифровые модели рельефа, являются достоверными и могут служить основой для проведения разнообразных прикладных исследований.

4. Общая концепция формирования рельефа дна арктических морей РФ является необходимой основой для оперативной океанологии и совершенствования систем геоакустического мониторинга.

Научная новизна

1. В работе решена крупная научная проблема, которая заключается в создании общей концепции формирования рельефа арктического шельфа, что является основой для детального геолого-геоморфологического картирования дна арктических морей России.

2. Создана новая морфогенетическая классификация форм и типов рельефа шельфа арктических морей. Она отличается от разработанной ранее классификации форм и типов рельефа шельфов Мирового океана, предназначенной для мелкомасштабного геоморфологического картирования, значительно большей детальностью. В новой классификации

учтены все основные особенности рельефа именно арктического шельфа, развитие которого в четвертичное время происходило в условиях коренным образом отличающихся от других областей Мирового океана.

3. Разработана методика создания цифровой модели рельефа с учетом его происхождения и возраста, что позволило надежно идентифицировать и достоверно отобразить разнообразные его формы.

4. На примере Баренцева моря создана цифровая модель рельефа, которая является основой для проведения дальнейших прикладных исследований в области геоакустики, геологии, геоморфологии, геофизики, поисково-разведочных работ и других специализированных исследований. Модель рельефа необходима для характеристики остальных свойств морского дна, в том числе его глубинного строения.

Практическая значимость работы заключается в создании единого информационного поля океанографических и гидрографических данных, разработке систем оперативного мониторинга, повышении эффективности системы навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности в целом; оценке изученности Мирового океана и планирование работ по специальному изучению Мирового океана, выполнении исследований в интересах экономической деятельности, создании комплексной системы обеспечения безопасности при освоении морских нефтегазоносных месторождений и т.д.

Фактический материал и личный вклад автора

В основу работы положен фактический материал и результаты исследований, полученные в многочисленных научных экспедициях от Баренцева до Берингова морей, начиная с 1978 года при личном участии автора.

Экспедиции базировались на судах Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН (НИС «Профессор Штокман» - 8, 10, 12, 19 рейсы;

НИС «Дмитрий Менделеев» - 41 рейс; НИС «Академик Сергей Вавилов» - 13 и 21-ый рейсы и др.). В отдаленных северо-восточных морях экспедиции проводились на гидрографических судах Провиденской гидробазы (Г/С «Дмитрий Лаптев», Г/С «Малыгин», ледокол «Георгий Седов» и др.). В последнее время (в июне 2005 года) в Баренцево море была организована экспедиция (НИС «Академик Сергей Вавилов», 21-й рейс), цель, которой заключалась в изучении рельефа и глубинного строения дна. В этом рейсе была проведена апробация цифровой модели рельефа в натурных условиях и определена ее точность.

Помимо фактического материала были использованы опубликованные литературные источники и картографические данные, а также большой объем отчетных материалов.

Апробация

Материалы, которые легли в основу диссертационной работы, представлялись на международных и российских научных конференциях и совещаниях, а именно: втором Съезде советских океанологов (1982), школах морской геологии (1982, 1986); международных школах морской геологии (1992, 1994), European Geophysical Society XIX General Assembly Grenoble (1994), International Conference on Arctic Margins, Magadan, Northeast Russia (1994), XX European Geophysical Assembly, European Geophysical Society, Hamburg, Germany (1995), Всероссийском совещании "Главнейшие итоги в изучении четвертичного периода и основные направления исследований в XXI веке", Санкт-Петербург (1998); First Workshop on Land-Ocean interaction in the Russian Arctic, Moscow (2002), ACD – Arctic Coastal Dynamics, 4th Workshop, St.Peterburg, Russia, International Permafrost Association (2003), 8-th International Conference on Permafrost, Zurich, Switzerland (2003), Arctic Coastal Dynamics, 5-th International Workshop, Montreal (2004), Seventh International Workshop on Land-Ocean Interaction in the Russian Arctic (LOIRA), Moscow (2004), «AGU Fall Meeting», USA, California (2004), VIII

Международной конференции «Прикладные технологии гидроакустики – ГА-2006», СПб (2006) и др.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 59 научных работ, в том числе 3 монографии. Имеется 2 внедрения в опытно-конструкторские работы и 1 внедрение в НИР.

Структура

Работа состоит из введения, 8 глав, заключения, списка литературы (855 наименований) и содержит 314 страниц текста, 115 рисунков и 25 таблиц.

Благодарности

Автор выражает глубокую благодарность научному консультанту д.г.н. Ю.А.Павлидису.

Особую благодарность за ценные замечания и советы автор выражает профессору Л.И.Лобковскому, профессору Е.А.Романкевичу, зав. Лабораторией сейсмостратиграфии Л.Р.Мерклину, д.т.н. Л.М.Гурвичу и к.г.м.н. В.П.Шевченко (ИОРАН), О.Е.Попову и К.В.Авилову (АКИН), д.т.н. Д.Б.Островскому и к.т.н. И.А.Селезневу (ОАО «Концерн «Океанприбор»), А.Б.Шагину и Л.А.Львовой (ФГУП «Аэрогеология»), а также капитану I ранга, к.т.н. Волженскому М.Н. (ИМАШ), капитану I ранга Добрякову Н.А. (РТУ ВМФ), капитану I ранга Булгакову А.Н. (учебный центр ВМФ им.Л.Г.Осипенко).

Автор благодарен научной школе и наставлениям профессора О.К.Леонтьева, а также всегда доброжелательным замечаниям А.А.Аксенова и А.С.Ионина, которых, к сожалению, нет среди нас.

Автор искренне благодарен коллегам, принимавшим участие в совместных исследованиях: А.А.Покрышкину, А.Н.Плишкину,

О.В.Левченко, Е.М.Потехиной, А.Д.Мутовкину, Н.В.Политовой, М.Г.Юркевич, А.А.Кравченко, С.Б.Соколову.

Автор признателен экипажам научно-исследовательских и гидрографических судов «Академик Сергей Вавилов», «Профессор Штокман», «Дмитрий Лаптев», «Георгий Седов» за помощь в проведении исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 05-05-64864 и 06-05-08039-офи).

Глава 1. ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА МОРСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕЛЬЕФА ШЕЛЬФА

В основу диссертационной работы положен фактический материал, полученный в многочисленных научных экспедициях в Баренцево, Карское, Восточно-Сибирское, Чукотское моря и море Лаптевых, начиная с 1978 года при личном участии автора. Экспедиции базировались на судах Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН (НИС «Профессор Штокман» - 8, 10, 12, 19 рейсы; НИС «Дмитрий Менделеев» - 41 рейс; НИС «Академик Сергей Вавилов» - 13 и 21-ый рейсы и др.).

В 1978 - 1981 гг. – Институтом океанологии РАН и Провиденской гидрографической базой ММФ СССР были организованы и проведены три «Полярные Северо-Восточные экспедиции», целью которых являлось изучение рельефа, осадков и четвертичной истории развития северной части Берингова, Чукотского и Восточно-Сибирского морей. Экспедиции проводились на гидрографических судах (Г/С «Дмитрий Лаптев», Г/С «Малыгин» и др.) и ледоколе «Георгий Седов».

В Баренцевом, Печорском и Карском морях с начала 80-х годов была проведена серия экспедиций, в которых проводились широкие комплексные исследования в рамках крупных научных проектов, включая международные

(рейсы НИС «Профессор Штокман, 13-й рейс НИС «Академик Сергей Вавилов», 41-й рейс НИС «Дмитрий Менделеев» и др.) (рис. 1).

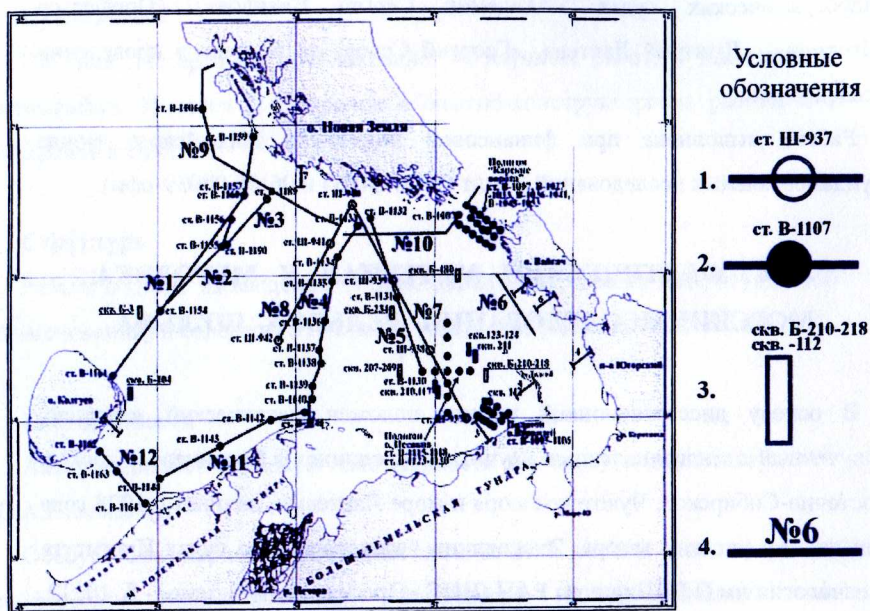


Рис 1. Пример изученности одного из региона Арктики - Печорское море. Условные обозначения: 1-станции НИС "Профессор Штокман"-12-й рейс, 2-станции НИС "Академик Сергей Вавилов"- 13-й рейс, 3- скважины буровых судов (Б/С "Бавенит") (архивные материалы), 4- номера основных эхолотных профилей и профилей "Парасаунд".

В июне 21 рейсе НИС «Академик Сергей Вавилов» (2005 г.) в Баренцевом море была выполнена проверка геоакустической модели, созданной по специально разработанной методике, суть которой изложена в диссертации.

При морских геолого-геоморфологических исследованиях, как правило, использовалось следующее оборудование: сейсмоакустический параметрический профилограф «Парасаунд» (во время круглосуточных вахт информация, полученная с помощью «Парасаунда», фиксировалась в журнале наблюдений; вывод данных осуществлялся на термобумагу, а также

производилась запись профиля в цифровом формате), гидрографические исследовательские эхолоты, системы спутникового позиционирования, автоматизированные комплексы площадной съемки рельефа и грунта морского дна (гидролокаторы бокового обзора).

Для решения поставленной в диссертации научной проблемы, направленной на создание общей концепции формирования рельефа арктического шельфа, был выполнен совместный анализ натуральных и гидрографических данных и детальный учет рельефообразующих процессов, которые привели к образованию существующих ныне тех или иных форм рельефа, с целью определения их генезиса. Только на основе комплексного подхода к изучению рельефа возможно достоверное построение цифровой модели рельефа и определить характер и изменчивость рельефа на принципиально новом технологическом уровне.

Глава 2. ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЛЬЕФА ШЕЛЬФА

Арктика оказывает огромное влияние на природную среду всей Земли. Хрупкое равновесие между ее физическими, химическими и экологическими параметрами с низкими скоростями восстановления биологических ресурсов и высокой чувствительностью к природным и техногенным факторам делают Арктику индикатором глобальных изменений, регионом, где эти изменения могут быть наиболее значительными и произойти раньше и сильнее, чем в более низких широтах. В этих условиях трансформация рельефа шельфа может носить катастрофический характер. Поэтому, анализ ведущих рельефообразующих процессов является основой не только для решения широкого круга фундаментальных и прикладных задач, но и для разработки сценариев возможного развития рельефа.

Рельеф шельфа формируется в результате непрерывного, исторически обусловленного развития эндогенных, экзогенных и, отчасти, антропогенных процессов. Эндогенные факторы (структуры),

предопределяют распространение наиболее крупных элементов шельфа: впадин, возвышенностей, желобов, иногда отдельных форм рельефа, связанных с выходами на поверхность морского дна выступов коренных пород в виде гряд. Экзогенные факторы создают, в основном, аккумулятивные формы рельефа, которые и определяют современный облик шельфа.

В целом российский сектор шельфа расположен в пределах континентальной окраины атлантического типа, где геологические структуры испытывали и продолжают испытывать как горизонтальные, так и вертикальные тектонические движения. Нельзя не отметить контрастность рельефа западно-арктических морей и, наоборот, относительную сглаженность рельефа на востоке.

Вместе с тем, экзогенные процессы мощно изменили первичную структуру. В настоящее время все структурные формы, за редким исключением, перекрыты осадочным чехлом (аккумулятивный чехол облекания). Анализ литературного материала свидетельствует, что главными поставщиками осадочного материала являются: твердый сток рек, абразия берегов, торентогенный и эоловый перенос.

Исходная поверхность шельфа осложнена многочисленными современными и реликтовыми мезоформами рельефа (моренные гряды, палеodelьты, древние русла рек, затопленные бары и др.). Многие впадины, особенно их борта, были преобразованы волновыми и флювиальными процессами.

Таким образом, выделение структурного рельефа на шельфе Арктики, как правило, отражает лишь тот факт, что он был первоначально создан в результате эндогенной деятельности, а в настоящее время практически все исходные структуры, в той или иной степени, переработаны экзогенными процессами. Автор считает, что подобные формы рельефа следует относить не к структурным, а структурно-скульптурным образованиям.

На эволюцию современного рельефа шельфа наибольшее влияние оказало последнее (вюрмское) оледенение.

Оледенения оставили свои следы преимущественно на шельфе западной части Российской Арктики, тогда как восточная его часть в ледниковые эпохи осушалась, и дренировалась реками, что подтверждается нашими и литературными данными (рис.2).

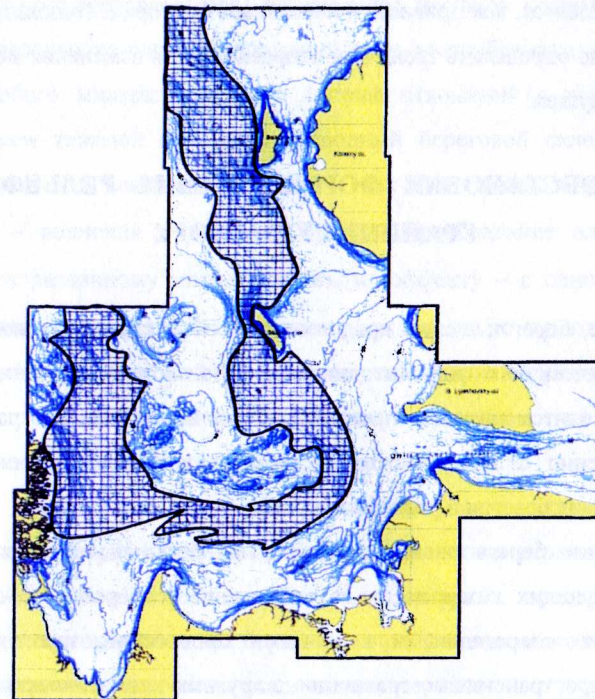


Рис.2. Палеодолина реки Лена (обозначена штриховкой)

Направленность рельефообразующих процессов и интенсивность их проявления изменяются во времени и пространстве. В связи с этим, следует различать экзогенные факторы, влияющие на процессы рельефообразования в настоящее время (современные), и влияние которых проявилось в прошлом (палеогеографические).

В условиях потепления климата, некоторые природные процессы будут усиливаться, а некоторые наоборот ослабевать. Поэтому, среди ведущих рельефообразующих факторов необходимо выделять активные процессы, непосредственно принимающие участие в формировании рельефа того или иного участка, а также пассивные, которые как бы предопределяют проявление активных и направляют общий ход их развития. Эндогенные процессы относятся, как правило, к пассивным факторам. Используя данный подход, можно определить тренд или направленность изменения морфологии рельефа в будущем.

Глава 3. ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЛЬЕФА НА ГРАНИЦЕ СУША-МОРЕ

Побережье, берег и шельф представляют собой единую геологическую, геоморфологическую и гидролитодинамическую систему, изучение которой должно проводиться на всем протяжении как на едином географическом объекте. Именно с этим обстоятельством связано совместное описание рельефа морских берегов и рельефа шельфа.

Арктические берега очень разнообразны. Из-за своеобразия ведущих рельефообразующих процессов, подгруппа берегов, созданных исключительно современными волновыми процессами, имеет не столь широкое распространение по сравнению с другими климатическими зонами, так как на некоторых участках ведущее значение приобретают зональные климатические факторы - ледовый режим, наличие многолетнемерзлых грунтов.

Благодаря экзарационной деятельности покровных ледников, существенные изменения претерпели первично-тектонические (Северная Норвегия, Кольский полуостров, частично Новая Земля, Земля Франца-Иосифа) и структурно-экзарационные (Северный остров Новой Земли) берега. В результате сформировались фиордовые, фиардовые и шхерные

берега, а на шельфе – подводные фиордовые долины, окраинные продольные желоба и т.п.

Мощный припай, особенно характерный для наиболее ледовитых морей Арктики (Восточно-Сибирское, море Лаптевых), оказывает определяющее влияние на формирование подводного берегового склона. Ледовый покров резко ослабляет интенсивность волнения и приводит к образованию аномального (выположенного) поперечного профиля подводного склона, тонкодисперсных глинистых отложений даже на прибрежном мелководье, а также особого минералогического состава отложений с незначительным содержанием тяжелой фракции. Подводный береговой склон в Арктике формируется под влиянием не одного, как это считалось ранее, а двух факторов – волнения и ледового припая. Преобладание одного из них приводит к различному морфологическому эффекту – с одной стороны, к образованию классического подводного склона, а с другой – особого арктического типа, который представляет собой яркий пример проявления зональных литолого-геоморфологических процессов на побережье арктических морей.

В зоне распространения рыхлых осадочных пород одной из важных особенностей полярных регионов является многолетняя мерзлота. Мощность ее на побережье Арктики изменяется в широких пределах. За счет разрушения термоабразионных берегов на прибрежное мелководье Арктики поступает огромное количество осадочного материала.

Глава 4. КЛАССИФИКАЦИЯ ФОРМ РЕЛЬЕФА АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА

Классификация рельефа шельфа была разработана специально для условий Арктики и отражает характер специфических природных процессов высоких широт. Подобной классификации ранее не было. В классификации одновременно учитывается сложное взаимодействие различных природных

факторов, определяющих происхождение и морфологическую выраженность различных форм рельефа. Поэтому ее можно назвать - «морфогенетической». Происхождение рельефа шельфа определяется не отдельно взятым процессом, а является результатом сложного взаимодействия современных, палеогеографических экзогенных процессов совместно с учетом структурно-геологической принадлежности.

По морфометрическим признакам рельеф шельфа, с некоторой долей условности, можно разделить на следующие группы (табл. 1)

Табл.1. Морфометрические характеристики рельефа шельфа

Морфометрические группы рельефа	Структурно-геоморфологическая принадлежность	Размер
Мегарельеф	Шельф в целом, как крупнейший структурный элемент в планетарном плане	Ширина - от берега до бровки - тысяча км и более, перепад высот, как правило, около 200 м. В Баренцевом море, учитывая своеобразие структурного строения - до 400 м и более
Макрорельеф	Протяженные равнины, крупные структурные поднятия и депрессии, как правило, структурно обусловленные (Адмиралтейский вал, Южно-Новоземельский желоб и т.д.)	Протяженность – сотни км
Мезорельеф	Структурные и экзогенные формы рельефа формирование и развитие которых связано с особенностями палеогеографии или проявления современных процессов, а также неотектоники (затопленные бары, моренные валы, горсты, грабены и пр.)	Протяженность, как правило, до 100 км. Перепад высот – десятки метров.
Микрорельеф	Экзогенный рельеф, связанный с проявлением современных процессов (знаки ряби, биотурбационные признаки и т.д.)	Относительная высота (глубина) – как правило, до метра

Промежуточное положение между мезо и микрорельефом занимают формы рельефа, формирование которых связано с проявлением криогенных процессов (термокарст). Их размеры, как правило, по ширине около 10 метров (и меньше) и первые метры по высоте. К этой же группе можно отнести и некоторые антропогенные формы рельефа.

В классификации определяются доминирующие природные процессы, в результате влияния которых происходило и происходит формирование и изменение рельефа. На основе морфогенетического подхода и анализа активных и пассивных факторов рельефообразования охарактеризован основной комплекс эндогенных (структурных) и экзогенных (скульптурных) форм рельефа.

В основе *всех* крупных форм рельефа шельфа, так или иначе, лежит геологическая *структура*, на которую впоследствии накладываются формы рельефа экзогенного происхождения.

Геологическими структурами определяется положение крупных форм рельефа, таких как синклинальные подводные впадины, антиклинальные и брахиантиклинальные подводные возвышенности, моноклинальные равнины, флексурные уступы и т.п. Вместе с тем, они все, в большей или меньшей степени, переработаны современными и древними экзогенными процессами. Например, впадина Хоуп (Чукотское море) в настоящее время перекрыта мощной толщей современных (голоценовых) осадков, на бортах хорошо выражены в рельефе серии древних речных террас, обширные равнины Восточно-Сибирского моря также перекрыты чехлом современных осадков, формирование которых связано с процессами нефелоседиментации, выходы коренных пород в Беринговом проливе, связаны не только с тектоническими причинами, но и с мощной эрозией под воздействием течений и т.д.

Развитие позднечетвертичных оледенений на западе в значительной степени моделировали исходную структурно обусловленную поверхность (т.н. гляциальные шельфы), а субэральные процессы на востоке Арктики (т.н. перигляциальные шельфы) сформировали мощную древнюю речную сеть с

речными палеодельтами и террасами, которые осложнили и значительно переработали исходную поверхность (табл. 2).

Табл.2. Основные типы структурно-скульптурного мега и макрорельефа арктического шельфа

Ведущие рельефообразующие процессы	Типы и формы рельефа	Примеры
Структурно-тектонические с чехлом облекания позднечетвертичных осадков в пределах антиклиналей и брахиантиклиналей	Поднятия-острова, мелководные банки, вытянутые гряды и валы	Архипелаг Земля Франца-Иосифа, остров Врангеля, Банка Геральда в Чукотском море и др.
Структурно-тектонические с чехлом облекания позднечетвертичных осадков в пределах синклиналей и брахисинклиналей	Протяженные желоба, депрессии и более мелкие западины, иногда межостровные проливы, котловины	Пролив Лонга, Центрально-Чукотская впадина, Южно-Баренцевоморская впадина и др.
Структурно-тектонические с чехлом облекания позднечетвертичных осадков в пределах моноклиналей и флексур	Протяженные субгоризонтальные равнины	Участок шельфа Карского моря к северу от Обской и Енисейской губ, основная часть шельфа Восточно-Сибирского моря и др.
Структурно-тектонические с чехлом облекания позднечетвертичных осадков в пределах сбросовых и сбросово-блоковых структур (грабены)	Грабенообразные желоба, межостровные проливы	Желоба Медвежинский, Франц-Виктория, Георга, Святой Анны и Воронина, Седова и др.
Структурно-тектонические с чехлом облекания позднечетвертичных осадков в пределах взбросово-блоковых структур (горсты)	Подводные платообразные возвышенности, отдельные острова "останцевого типа"	Структурно-блоковые возвышенности (Мурманская, Центральная, Персея); взбросово-блоковое поднятие Гусиной банки и др.

Морфоскульптурный рельеф шельфа, как правило, относится к мезорельефу и создан преимущественно наиболее активно действующими экзогенными субаэральными и субаквальными процессами морфогенеза (табл. 3).

Табл. 3. Скульптурный рельеф шельфа, созданный преимущественно экзогенными процессами.

Ведущие рельефообразующие процессы	Типы и формы рельефа		Примеры
	Реликтовые	Современные	
Ледниково – экзарационные (гляциогенные)	Днища фиордов, шхеры, котловины выпахивания в донной морене	Рытвины, борозды выпахивания, созданные движущимся паковым льдом и айсбергами	<i>Реликтовые</i> - фиорды Новой Земли, Шпицбергена, Северной Норвегии; шхеры Карского моря и др. <i>Современные</i> - рытвины, борозды ледового выпахивания - шельфы морей Чукотского, Бофорта и др.
Ледниково – аккумулятивные (гляциогенные)	Гряды и холмы боковых и конечных морен, друмлины	Боковые, донные морены, напорные валы и гряды	<i>Реликтовые</i> – морена Эгга у берегов Северной Норвегии и др. <i>Современные</i> — моренные гряды в фиордах Новой Земли, на шельфе Шпицбергена и Гренландии, ложбины выпахивания в Карском море и др.
Термокарстовые (криогенные)	Депрессии вытаивания линз повторно-жильного льда, выполненные толщей голоценовых морских осадков	Вытянутые депрессии с крутыми бортами не заполненные морскими осадками	<i>Реликтовые</i> - в Чукотском и Печорском морях. <i>Современные</i> - в Лаптевых и Восточно-Сибирском морях
Криодислокационные (криогенные)	Не известны	Складки, бугры пучения	Береговая зона Западного Ямала

Волновые абразионные	Поверхности и уступы подводных террас, абразионные останцы и гряды, абразионные равнины	Современные клифы и бенчи	<i>Реликтовые</i> – Печорское море. <i>Современные</i> - повсеместно
Волновые аккумулятивные	Подводные аккумулятивные формы, фиксирующие древние береговые линии	Современные береговые аккумулятивные формы (бары, косы, пересыпи, пляжи), подводные валы	<i>Реликтовые</i> – захороненные бары на шельфе у Новосибирских островов. <i>Современные</i> - повсеместно
Волновые абразионно-аккумулятивные	Поверхности и уступы подводных террас	Современный подводный береговой склон	<i>Реликтовые</i> – Печорское море <i>Современные</i> - повсеместно
Ледово-волновые	не обнаружены	Современный выположенный подводный береговой склон, сформированный в условия длительно не разрушающегося ледового покрова	Восточно-Сибирское море
Преимущественно подледной аккумуляции	Погребенные аккумулятивные равнины	Подводные аккумулятивные равнины, сложенные глинистыми илами	<i>Современные</i> - шельф Восточно-Сибирского моря. <i>Реликтовые</i> – Центральная впадина в Баренцевом море.
Приливотливные	Не обнаружены	Песчаные волны и гряды, осушки, ватты	Районы шельфа с высокими приливами (Северное, Баренцево, Белое моря)

Торрентогенные аккумулятивные (сформированные в условиях мощных квазистационарных течений)	Не обнаружены	Конуса выноса, сформированные при разгрузке влекомого материала в условиях резкого ослабления потока мощных течений	Южная часть Чукотского моря в прилегающих районах к Берингову проливу
Торрентогенные эрозионные	Не обнаружены	Субгоризонтальные равнины практически без современных осадков, сформированные в условиях мощного промывного режима	Берингов пролив
Флювиальные	Прадолины, террасы и дельты палеорек	Авандельты, предустьевые бары, русловые бороздины	<i>Реликтовые</i> - палеодолина Хоуп (Чукотское море). <i>Современные</i> – авандельта Лены.
Флювиогляциальные	Прадолины и ложбины стока галых вод, зандровые равнины	Отсутствуют	Шельфы Норвежского, Гренландского морей
Антропогенные конструктивные	Отсутствуют	Отсыпка грунта, искусственные острова и пр.	Шельф Норвежского моря
Антропогенные деструктивные	Отсутствуют	Искусственные каналы портов, фарватеры в заливах.	На подходах к портам в условиях мелководья.

Использование данной классификации возможно при картировании рельефа шельфа в любом масштабе. Более детальные характеристики той или иной формы рельефа шельфа могут быть отражены в дополнительной графе (например, морфометрия, углы наклона и т.п.) при этом градации в таблице могут быть сколь угодно велики. При разработке классификации учтена возможность интегрирования данных в геоинформационную систему.

Глава 5. РЕЛЬЕФ ШЕЛЬФА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСАДКОВ

В соответствии с разработанной классификацией выполнено описание форм рельефа арктического шельфа.

Для баренцевоморского шельфа характерно преимущественно прямое соотношение тектонических структур и крупных форм рельефа, т.е. поднятым блокам и антиклиналям соответствуют подводные возвышенности, протяженные валы, отдельные острова или архипелаги, а опущенным сбросово-глыбовым структурам и синклиналям - депрессии, прогибы, желоба, впадины и пр. Большинство островов представляет собой платообразные возвышенности. Подводные возвышенности (Мурманская, Демидовская, Центральная, Персея и др.) нередко вытянуты в длину на 200-250 км. Они имеют обычно довольно пологие склоны и выровненную поверхность со сравнительно маломощной толщей голоценовых осадков, часто осложненную моренными грядами.

Рельеф Печорского моря значительно отличается от Баренцева, что связано с особенностями структурного строения и характером проявления экзогенных, особенно палеогеографических процессов. Широкое развитие ледниковых моренных образований в Баренцевом море и их полное отсутствие в Печорском свидетельствует о разной истории развития этих регионов в позднечетвертичное время. В пределах Печорского моря выделяются следующие крупные элементы морского дна: 1 - внутренний шельф (подводный береговой склон), 2 - субгоризонтальная равнина среднего шельфа и 3 - борта и днище Южно-Новоземельского желоба (далее ЮНЖ) и Коротайхинский впадины. Большая часть шельфа Печорского моря представляет собой сочетание субгоризонтальных и наклонных равнин. Внутренняя абразионно-аккумулятивная часть шельфа (подводный береговой склон) расположена на прибрежном мелководье. Она сформирована современными гидродинамическими процессами и осложнена экзогенными

формами рельефа небольшого размера разного генезиса. Центральный (или средний) шельф Печорского моря расположен вне зоны современных волновых процессов и осложнен реликтовыми аккумулятивными, абразионными и эрозионными формами рельефа. В пределах Печорского шельфа прослеживается ряд крупных долинообразных понижений, направленных от континентального берега к ЮНЖ, которые идентифицируются палеодолины рек: (с запада на восток) Пёша, Нерута, Печора, Море-Ю и Коротайха. Поверхностные осадки представлены голоценовыми осадками, которые подстилаются со стратиграфическим перерывом более древними (позднеплейстоценовыми) глинами.

Карское море находится на границе гляциального и перигляциального шельфа Арктики. Современный рельеф Карского моря представлен сложным сочетанием структурных, структурно-скульптурных и скульптурных его элементов разного генезиса и возраста. На глубинах более 100 м преобладают поверхности морского аккумулятивного выравнивания, на глубинах 60-100 м доминируют абразионно-аккумулятивные поверхности, а на меньших глубинах широко развиты абразионные уровни. Уклоны поверхности дна изменяются в основном от 0,001 до 0,001-0,005 (tg). Осадки в Карском море имеют преимущественно пелитовую и алевритовую размерность.

В подводном рельефе моря Лаптевых заметную роль играют субаэральные формы - древние долины и уровенные поверхности последней трансгрессии моря (рис.3).

Большая часть шельфа представлена слабо наклоненной на север ступенчатой аккумулятивно-денудационной морской равниной, в которой затопленная гидросеть выделяется довольно отчетливо. На прибрежном мелководье развиты абразионные и аккумулятивные формы на шельфе отмечаются холмы, увалы и гряды с относительным превышением до 20 м. Скульптурный рельеф представлен морскими гидрогенными формами (эрозионного, абразионного и аккумулятивного типов), разновидностями

субаэрального флювиального генезиса и термокарста, а также подводными дельтами, отложениями гравитационных смещений осадочного материала. Большая часть дна моря Лаптевых покрыта илами с различной примесью алеврита и песка.

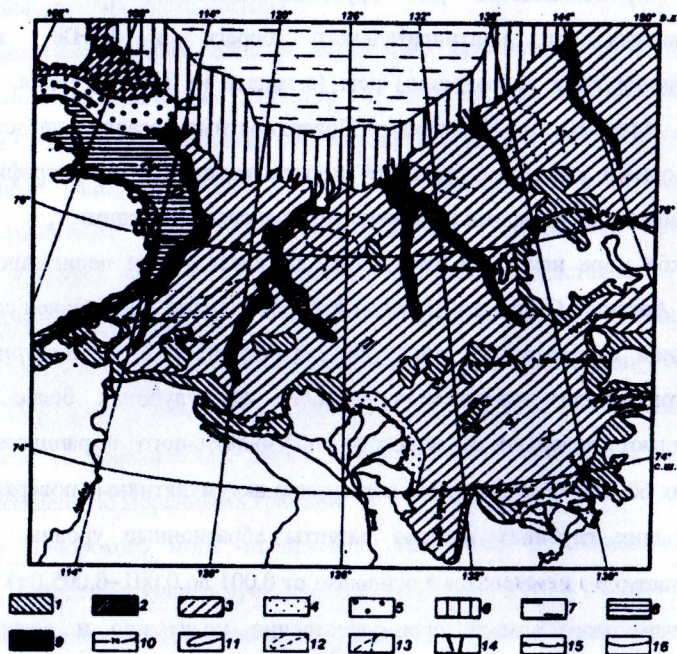


Рис. 3. Геоморфологическая схема дна моря Лаптевых (Семенов, Шкатов, 1971).

1-2 - денудационный рельеф: 1 - абразионно-аккумулятивные равнины прибрежных мелководий и банок; 2 - абразионная равнина подводного цоколя Северной Земли; 3-7 — аккумулятивный рельеф; 3 - унаследованная морская равнина основной части шельфа; 4 - авандельты рек Лены, Яны и Оленёка; 5 - аккумулятивная равнина желоба Вилькицкого; 6 - материковый склон (зона турбидитово-пелагической аккумуляции); 7 - абиссальная равнина Арктического бассейна; 8, 9 - реликтовый субаэральный рельеф; 8 - экзарационно-аккумулятивный рельеф подводной периферии Таймыра; 9 - древние затопленные речные долины. Дополнительные обозначения: 10 - подводные террасы и их высота, м; 11 - границы древних речных долин; 12 - предполагаемые границы древних речных долин; 13 - тальвеги древних речных долин; 14 - подводные каньоны; 15, 16 - границы материкового склона: 15 - верхняя, 16 - нижняя.

Восточно-Сибирское море является окраинным, типично шельфовым, мелководным и наиболее ледовитым морем Российской Арктики.

Внутренний шельф Восточно-Сибирского моря из-за резкой ослабленности волновых процессов характеризуется крайне выположенным рельефом с углом наклона около 0,0001–0,0003, что явно противоречит общепринятым представлениям и является одним из характерных признаков описываемой зоны. Это связано с ограниченным во времени волновым воздействием на дно и наличием длительно не разрушающегося ледового экрана.

Одной из главных особенностей рельефа шельфа Восточно-Сибирского моря является наличие большого количества аккумулятивных гряд, которые осложняют выровненный рельеф шельфа вдоль берегов островов Жохова, Новая Сибирь, Вилькицкого, Фаддеевского, Земля Бунге и побережья Якутии. Они развиты на расстоянии до 60 км от берега, в значительной степени повторяют очертания последних и распределяются сериями, каждая из которых отделяется депрессиями. Величина гряд значительна - некоторые из них достигают 150 км длины, 20–30 км ширины и 20 м относительной высоты. Гряды обнаруживают высокую ритмичность чередования с межгрядовыми понижениями (в районе о-ва Бунге размер ритма составляет около 10 км), что свойственно морским волновым формам, а не ледниковым образованиям. Их многократное возникновение и ритмичность свидетельствуют об унаследованном развитии. Следует особо подчеркнуть структурное значение унаследованных форм типа баров. В настоящее время хорошо известно, насколько чутко реагируют аккумулятивные формы на положение и активность погребенных геологических структур. Поэтому по геоморфологическим признакам можно предположить существование в этих районах погребенных антиклинальных и брахиантиклинальных складок (не исключено, перспективных для поиска нефтегазовых месторождений).

В условиях развития грядового рельефа на внутреннем шельфе Восточно-Сибирского моря формируется специфический гидродинамический режим, связанный с длительной подледной седиментацией и периодическим

взмучиванием материала волнением, что приводит к перераспределению и аномальному распределению осадочного материала.

Современный рельеф Чукотского шельфа представлен формами волновой абразии и аккумуляции (внутренний шельф), а также аккумулятивным рельефом, созданным в результате процессов нормального морского осадконакопления (центральный и внешний шельф). В той или иной степени субаквальными процессами преобразован рельеф всего шельфа. Интенсивность и характер проявления рельефообразующих процессов на различных участках значительно отличаются друг от друга. Внутренний шельф на аккумулятивных участках сложен, как правило, хорошо сортированным ($S_0=1,1-1,4$) песчаным материалом (до 80–90%) с преобладанием мелкопесчаной фракции. Абразионные участки внутреннего шельфа характеризуются приглубостью, незначительной шириной и грубозернистыми осадками. Несмотря на ряд отличительных признаков аккумулятивных и абразионных участков внутреннего шельфа, имеется их важное сходство – широкое развитие субаквальных реликтовых форм рельефа, морфологически выраженных в виде валобразных возвышений (подводных баров), абразионных уступов, подводных террас и других форм, фиксирующих относительные стабилизации уровня позднеплейстоцен-голоценовой трансгрессии. Эти реликтовые формы рельефа являются характерными элементами для всего внутреннего шельфа этой акватории. В целом, внутренний шельф Чукотского моря представляет собой унаследовано развивающуюся (как минимум с начала послеледникового времени) геолого-геоморфологическую зону с реликтивными аккумулятивными формами, приуроченными к современному аккумулятивному побережью, а затопленных клифов и абразионных террас – к абразионному.

Центральный и внешний шельф Чукотского моря относятся к областям современной не волновой аккумуляции. Обширные субгоризонтальные равнины центрального шельфа характеризуются исключительной выровненностью и малыми углами наклона поверхности. Образование

равнин связано с повышенными скоростями современной аккумуляции. На шельфе Чукотского моря выделяется ряд затопленных речных долин, причем некоторые из них полностью погребены под толщей голоценовых осадков. Одним из основных источников поступления осадочного материала является Берингоморское течение, поставляющее в Чукотское море большое количество взвешенного материала, значительная часть которого осаждается в пределах Центрально-Чукотской равнины (по мнению многих исследователей, тихоокеанские воды являются основным источником питания Чукотского моря осадочным материалом).

Глава 6. МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА

В работе разработаны детальные и современные методы изучения рельефа, которые имеют апробированное научное обоснование. Целью методических работ являлось: создание цифровой модели рельефа на основе анализа данных натурных исследований и картографического материала в ГИС формате с целью решения фундаментальных и прикладных задач. По территориальному охвату цифровая модель рельефа относится к глобальной или планетарной интегрированной ГИС.

Цифровые модели открывают огромные возможности и позволяют построение цифровых карт любого масштаба без потери первоначальной нагрузки и информативности, а также различных 3-х мерных изображений и анимации, проводить совмещение с другими данными, выполнять сравнительный математический анализ и т.д. Особое значение цифровая модель рельефа имеет для геоакустических исследований.

Ручная обработка карт и определение происхождения рельефа на предварительной стадии обработки материала имеют принципиальное значение и являются необходимым условием морского картирования рельефа, включая создание цифровой модели. Без понимания генетических

особенностей картографируемых форм невозможно их объективное и обоснованное изображение. Механическая компьютерная обработка массива глубин не выявляет особенностей а, главное, генезиса рельефа. Рисунок изобат, построенный на формально-геометрическом принципе, не отображает действительной морфологии морского дна.

Методика создания цифровой модели рельефа состоит из следующих этапов:

1. Выбор картографической основы.
2. Ручная обработка карт и проведение комплексного анализа имеющегося геофизического, геологического, геоморфологического материала, с целью выявления морфоструктурных особенностей и генезиса рельефа.
3. Сканирование информации.
4. Обработка растровых образов карт (например, с помощью растрового редактора Corel Photo Paint 12).
5. Пересчет и построение координатных сеток.
6. Векторизация объектов батиметрических карт.
7. Экспорт полученных результатов в проекты ArcView.
8. Трансформация векторных слоёв в географические координаты в приложении ArcView Register and Transform.
9. Пересчет векторных слоёв отдельных листов карт из исходной проекции Меркатора с различными параметрами широт истинного масштаба в проекцию North_American_1927, Spheroid Clarke_1866 (decimal degrees) при помощи модуля ArcView Projection Utility.
10. Сбивка листов векторной графики.
11. Редактирование, внесение изменений, корректировка цифровых моделей и создание цифровой модели рельефа.

В результате проведённых работ выполнено следующее:

1. Определены оптимальные пути для внедрения ГИС-технологий при обработке данных о рельефе.

2. Определены приемы обработки картографического материала на основе морфогенетического подхода.
3. Построена цифровая модель рельефа.
4. Предусмотрен пересчет проекций, что особенно важно при анализе и совмещении сухопутных и морских карт.
5. Определена методика построения карт рельефа, трехмерных изображений рельефа, анимации рельефа.
6. Предусмотрено построение тематических карт с возможным наложением на батиметрию осадков и других характеристик как послойных файлов.

Новизна предлагаемой методики, основанной на широком внедрении ГИС технологий, заключается в следующем.

В области фундаментальных исследований – в разработке морских карт нового качества с учетом все возрастающих требований практики к их содержанию и проведению океанологического мониторинга на новом уровне.

В области коммуникационных технологий – в обмене больших массивов данных через Интернет, а также создании, как составной части банка данных.

В области картографии – в выборе оптимальных проекций для специальных карт с возможностью совмещения морских и сухопутных карт, в разработке новых, более прогрессивных приемов составления морских карт.

В прикладной области – в навигации, инженерно-строительных работах, проведении аварийно-спасательных мероприятий. Особое значение цифровая модель рельефа имеет для геоакустических исследований и расчетов.

Используя методику создания цифровых моделей рельефа были построены цифровые карты рельефа в ГИС-формате для ряда районов шельфа арктических морей Российской Федерации (рис. 4, 5 и 6).

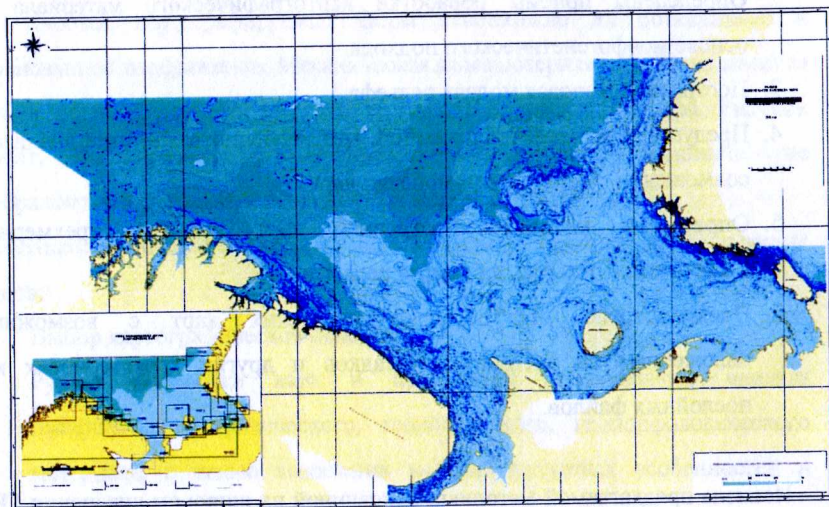


Рис. 4. Рельеф южной части шельфа Баренцева моря (по данным цифровой модели рельефа)

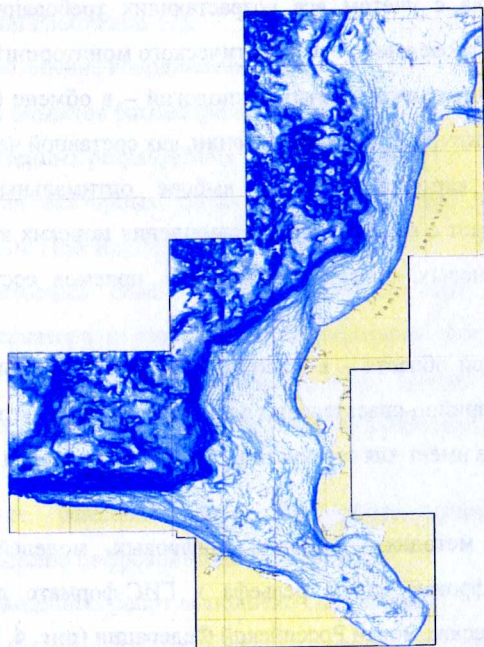


Рис. 5. Рельеф юго-западной части Карского моря в ГИС-формате

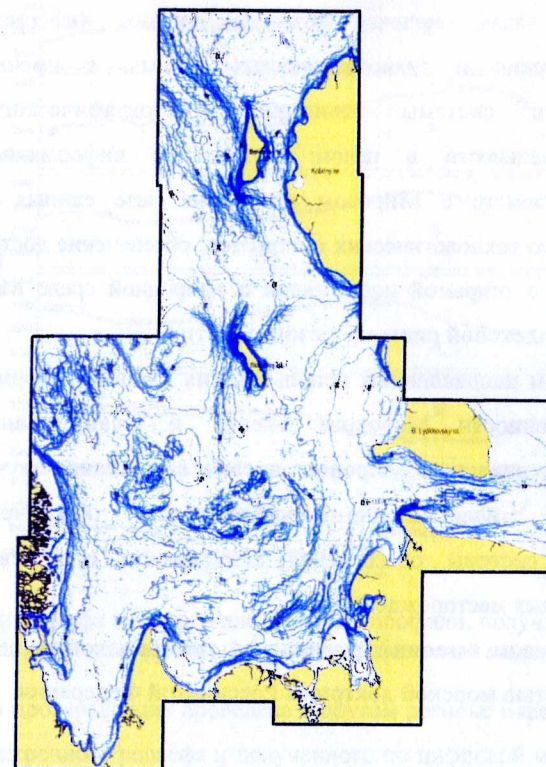


Рис. 6. Рельеф восточной части моря Лаптевых.

Учитывая большое значение данных методических решений, актуальность, перспективы и получение результатов на новом уровне, возможно выделение «геоинформационной геоморфологии» как нового направления морской геоморфологии в рамках Наук о Земле. «Геоинформационная геоморфология» изучает рельеф земной поверхности, происхождение (генезис) и закономерности его развития для создания цифровых моделей и глобальных планетарных баз данных на основе использования ГИС-технологий.

Развитие подобных исследований возможно только на стыке разных отраслей знаний при этом геоморфологические исследования должны являться основой для изучения морфологии и динамики рельефа. Геоинформационная

геоморфология, должна обеспечивать решение широкого комплекса специальных задач, включая создание единого информационного поля океанографических и гидрографических данных, а именно: повышение эффективности системы навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности в целом; сопряжение информационных центров различных ведомств о Мировом океане на базе единых нормативных и информационно-технологических стандартов; обеспечение доступа гражданских пользователей к открытой информации о природной среде Мирового океана, создание комплексной системы безопасности.

К основным направлениям использования данной информации относятся: оценка изученности Мирового океана и планирование работ по специальному изучению Мирового океана; выполнение научно-прикладных исследований; навигационно-гидрографическое обеспечение; создание комплексной системы обеспечения безопасности при освоении морских нефтегазоносных месторождений и т.д.

Таким образом, «геоинформационная геоморфология» должна являться составной частью морской доктрины Российской Федерации.

Глава 7. ПРОВЕРКА СОПОСТАВЛЕНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА С НАТУРНЫМИ ДАННЫМИ (на примере южной части Баренцева моря)

Разработанные принципы построения модели рельефа, основанные на морфогенетических и геохронологических принципах, являются достоверными. Точность модели была проверена во время натурального эксперимента в Баренцево море (НИС «Академик Сергей Вавилов», 21 рейс). Натурный эксперимент проводился в условиях резко расчлененного рельефа с перепадом глубин более 100м. В тех же координатах и с той же частотой была сделана выборка глубин из созданной модели рельефа. Для шести галсов среднее значение разностей измеренного рельефа и полученного по цифровой модели составило около 4% (рис.7).

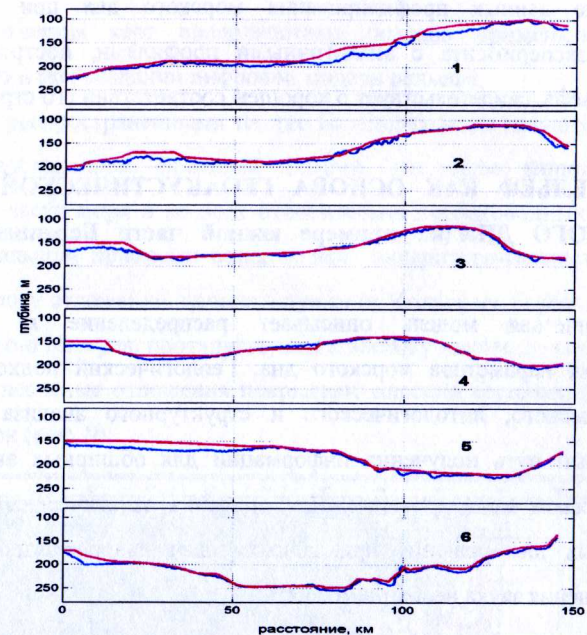


Рис. 7. Профили рельефа морского дна: синий – профили, полученные в ходе натурального эксперимента, красный – из геоакустической модели.

Аналогичная проверка была проведена в другом регионе Баренцева моря, где разность измеренного рельефа и полученного по цифровой модели по 18 профилям составило около 3% (рис.8).

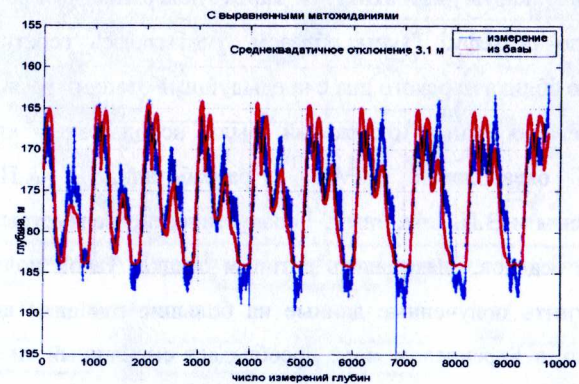


Рис.8. Сравнение модели рельефа с натурными данными в другом районе Баренцева моря (условные обозначения те же)

Сравнение данных профилирования морского дна при проведении натурного эксперимента с аналогичными профилями, построенными по модели рельефа, свидетельствует о хорошем соответствии его строения.

Глава 8. РЕЛЬЕФ КАК ОСНОВА ГЕОАКУСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МОРСКОГО ДНА (на примере южной части Баренцева моря).

Геоакустическая модель описывает распределение в пространстве акустических параметров морского дна. Геологический подход на основе морфологического, литологического и структурного анализа – наиболее рациональный путь получения информации для обширных акваторий при геоакустическом моделировании. Для описания акустических свойств дна, необходимых для решения прикладных задач гидроакустики, по трассе распространения звука необходимо знать:

1. Генеральный рельеф.
2. Строение осадочной толщи, поверхностных осадков и их акустические свойства.

Генезис рельефа определяется по классификации форм рельефа шельфа арктических морей (Глава 4). Карты, отражающие глубинное строение морского дна (карты изопахит) и карта поверхностных осадков были построены по рельефу. Таким образом, учитывалась генетическая связь современного облика морского дна с предыдущими этапами развития.

Для выделения типов отложений была использована классификация Института океанологии РАН, разработанная А.П.Лисицыным, П.Л.Безруковым и В.П.Петелиным. Геоакустические параметры, измеренные по образцам осадков, связывались с типом осадка. Такой подход позволил экстраполировать полученные данные на большие площади дна Баренцева моря. Однако, в Баренцевом море преобладает смешанный тип осадков и в дальнейшем данная классификация потребует существенных уточнений и проведения акустических исследований в натуральных условиях.

Для создания карт поверхностных осадков применялась похожая методика, что и при создании цифровой модели рельефа.

Наиболее распространенными на дне Баренцева моря являются глинистые осадки с преобладанием фракцией <0,01мм. Эти осадки широко развиты в центральной части моря и во всех относительно глубоководных котловинах. Пески с небольшой примесью более мелких алевритово-глинистых фракций образуют полосу отложений, начинающуюся от Кольского берега, огибающую п-ов Канин и о-в Колгуев, протянувшуюся к востоку вплоть до острова Вайгач. Кроме того, песчаные отложения покрывают плоские вершины Канинской и Гусиной банок (рис. 9).

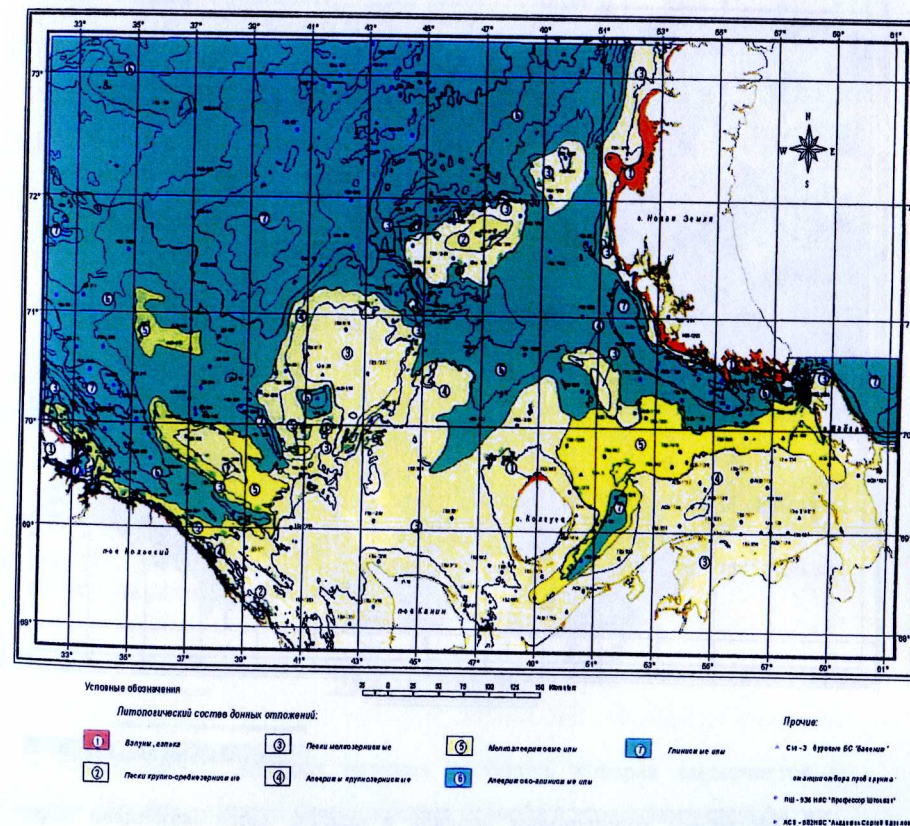


Рис. 9. Поверхностные осадки южной части Баренцева моря

При моделировании глубинного строения необходимо учитывать современную поверхность рельефа. Это связано с тем, что в результате длительного унаследованного развития осадочные толщи, как правило, за редким исключением, облекали исходные поверхности.

Методика создания цифровых моделей глубинного строения дна сводится к тому, что на выходе образуется однородная информация, связанная друг с другом посредством географической привязки. Это позволяет, во-первых, легко добавлять новые тематические слои, а во-вторых, при изменении параметров (тем), можно легко менять другие, взаимосвязанные параметры.

Изменчивость голоценового слоя отложений очень велика (рис.10).

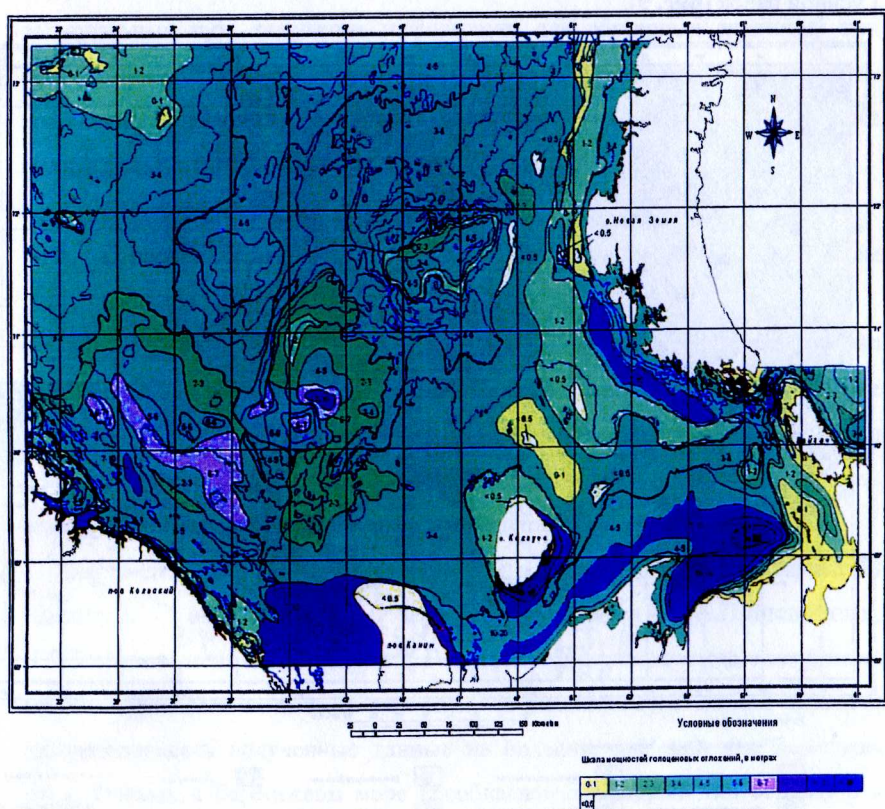


Рис. 10. Мощность голоценовых осадков в южной части Баренцева моря (составлена с учетом рельефа)

Аномально большие мощности голоценовых осадков обнаружены в южной части Печорского моря. Увеличение мощности приурочено к депрессиям и подводному продолжению береговых аккумулятивных форм. Граница голоцена и плейстоцена в Баренцевом море установлена достаточно надежно.

Аналогичным способом (при наличии данных) можно построить поверхность залегания более древних слоев (рис.11).

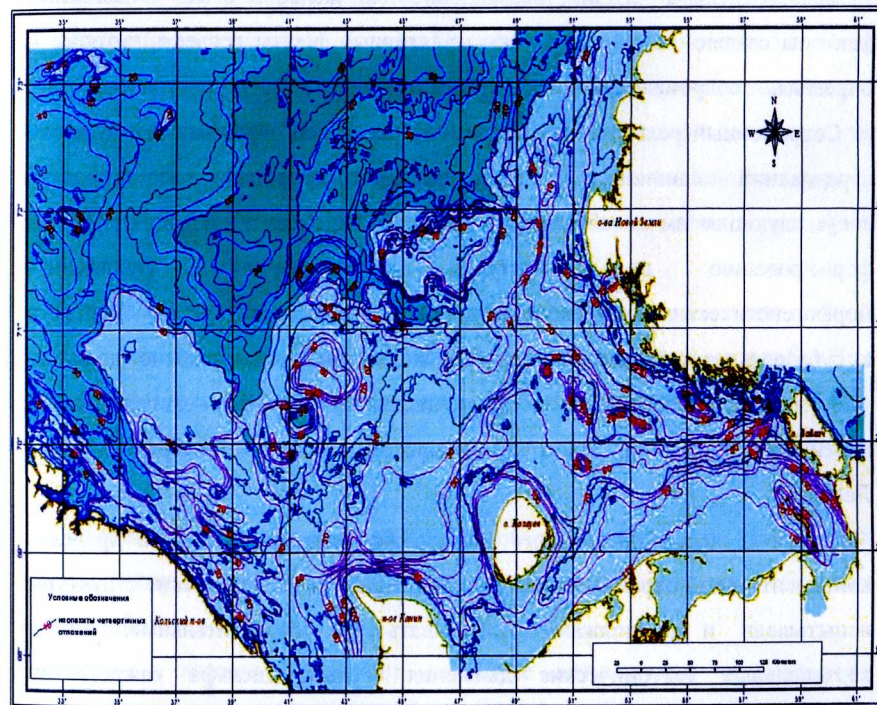


Рис. 11. Мощность четвертичных отложений (составлена по рельефу, изопахиты указаны красным цветом)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе решена крупная научная проблема, которая заключается в создании общей концепции формирования рельефа арктического шельфа, что является основой для детального геолого-геоморфологического картирования

дна арктических морей России, а также широкого круга фундаментальных и прикладных исследований.

Исследования позволили установить следующие основные положения.

1. Рельеф шельфа формируется в результате непрерывного развития природных эндогенных, экзогенных и антропогенных процессов. Эндогенные факторы (структуры), предопределяют распространение наиболее крупных элементов шельфа: впадин, возвышенностей, желобов и т.д. Экзогенные факторы создают, в основном, аккумулятивные формы рельефа, которые и определяют современный облик шельфа.

Современный рельеф шельфа арктических морей образован в результате чередований ледниковых и межледниковых природных обстановок и сопутствующим им колебаний уровня Мирового океана, которые привели к формированию на структурах дочетвертичного фундамента морфогенетических комплексов ледникового, ледниково-морского, морского и субаэрального происхождения. Это положение подтверждено данными многолетних исследований в многочисленных научных экспедициях в Баренцевом, Карском, Восточно-Сибирском, Чукотском морях и море Лаптевых.

В целом, шельф российского сектора Арктики расположен в пределах континентальной окраины атлантического типа, где геологические структуры испытывали и продолжают испытывать как горизонтальные, так и вертикальные тектонические движения. Рельеф шельфа каждого из арктических морей России имеет собственную специфику, связанную как с современными процессами, так и с историей развития.

2. Среди ведущих рельефообразующих факторов и процессов следует выделять активные, непосредственно принимающие участие в формировании рельефа того или иного участка, и пассивные, которые как бы предопределяют проявление активных и направляют общий ход их развития. На этом принципе создана новая морфогенетическая классификация форм и

типов рельефа арктического шельфа, учитывающая сложное взаимодействие различных процессов, определяющих происхождение и морфологическую выраженность тех или иных форм рельефа. Эта классификация предназначена специально для шельфов Арктики и отражает характер специфических природных процессов, присущих именно для высоких широт.

В разработанной классификации определяются доминирующие природные процессы, в результате влияния которых происходило и происходит формирование и изменение рельефа. На основе морфогенетического подхода охарактеризован основной комплекс эндогенных (структурных) и экзогенных (скульптурных) форм рельефа, с учетом их специфических особенностей формирования и развития в полярной зоне. Используя данный подход, можно определить тренд (или направленность) изменения морфологии рельефа в будущем.

Существенным преимуществом является то, что использование данной классификации возможно при картографировании в разном масштабе. При разработке классификации учтена возможность интегрирования данных в геоинформационную систему (ГИС).

3. Разработаны принципы создания цифровых модели рельефа арктических морей, которые могут служить основой для проведения разнообразных прикладных исследований.

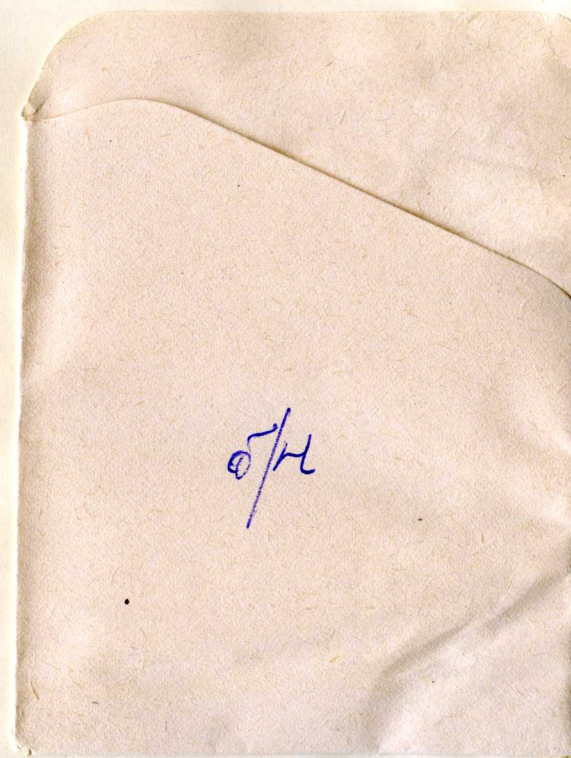
Цифровые модели открывают огромные возможности и позволяют построение цифровых карт любого масштаба (без потери первоначальной нагрузки и информативности), а также различных 3-х мерных изображений и анимации, проводить совмещение с другими данными и их интеграцию, выполнять сравнительный математический анализ и т.д. Особое значение цифровая модель рельефа имеет для геоакустических исследований, где систематизация и анализ имеющихся в настоящее время данных о рельефе имеет решающее значение.

4. Общая концепция формирования рельефа шельфа арктических морей необходима для решения широкого комплекса задач, включая создание единого информационного поля океанографических и гидрографических данных, повышение эффективности системы навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности, создание комплексной системы безопасности и решения других задач морской деятельности России. Концепция формирования рельефа дна арктических морей РФ является основой для оперативной океанологии и совершенствования систем геоакустического мониторинга. Исследование рельефа должно являться приоритетным направлением национальной морской политики Российской Федерации и морской доктрины, которые должны предусматривать поддержание и развитие глобальных информационных систем и служить основой для принятия решения в области морской деятельности на всех уровнях.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ (в скобках указаны соавторы)

1. Геоморфология дна западной части Восточно-Сибирского моря // *Океанология*, 1984. Т. 24, вып. 6. С. 948–952.
2. Подводные аккумулятивные формы рельефа на шельфе Восточно-Сибирского моря // В сб. «Геология и геоморфология шельфа и материковых склонов» М., Наука, 1985, С.96-101.
3. Литологические аномалии на арктическом морском мелководье // В сб. «Геология и геоморфология шельфа и материковых склонов», М., Наука, 1985. С.184-194 (Калиненко В.В.).
4. Формирование рельефа и распределение осадков на шельфе восточного сектора Советской Арктики // Автореферат на соискание уч.степени канд. геогр. наук, М., 1985. С.25
5. Основные черты развития шельфа Чукотского и Восточно-Сибирского морей в позднплейстоцен-голоценовое время // *Геоморфология*, №3. 1989, С.85-90.
6. Строение и развитие Западно-Новоземельских бухт, в связи с проблемой поздневалдайского оледенения // В сб. «Современные процессы осадконакопления на шельфах Мирового океана», М.: Наука, 1990. С. 94–103 (Дунаев Н.Н., Ионин А. и др.).
7. Математические методы обработки первичного геоморфологического материала // *"Океанология"*, вып.32, №2, 1993, С.304-308 (Кравченко А.А.).
8. Палеогеографическая обстановка в арктических морях Евразии в эпоху последнего межледникового // *Геоморфология*, № 6, 1996 (Павлидис Ю.А., Дунаев Н.Н., Ионин А.С., Павлидис М.А., Щербаков Ф.А.).
9. Геоморфология и палеогеография области арктического шельфа Евразии в эпоху последнего межледникового Часть I. Запад // *Геоморфология*, № 2, 1997, С. 20-28 (Ю.А.Павлидис, Н.Н.Дунаев, А.С.Ионин).
10. Геоморфология и палеогеография области арктического шельфа Евразии в эпоху последнего межледникового. Часть II. Восток // *Геоморфология*, № 3, 1997, С. 7-15 (Ю.А.Павлидис, Н.Н.Дунаев, А.С.Ионин).
11. Арктический шельф. Позднечетвертичная история, как основа прогноза развития // Москва, ГЕОС, 1998, 187 с. (Павлидис Ю.А., Ионин А.С., Щербаков Ф.А., Дунаев Н.Н.)
12. Геоэкология шельфа и берегов морей России. Глава 2, М., ГЕОС, 2000. С. 27-263 (Дунаев Н.Н., Щербаков Ф.А., Айбулатов Н.А.).
13. Разработка научно-правового обоснования проекта закона РФ об управлении прибрежными зонами. М., ВНИИЦ, рег № 019000148, инв.№ 02200001341, 2000, 206 С. (Айбулатов Н.А., Михайличенко Ю.Г., Андреева Е.Н. и др.)
14. Новейшая тектоника береговой зоны полуострова Ямал // В сб.: «Человечество и береговая зона Мирового океана в 21 веке», М., ГЕОС, 2000. С. 274-281 (Дунаев Н.Н.)
15. Новейшая тектоника полуострова Ямал // Опыт системных океанологических исследований в Арктике. М., Научный мир, 2001, С.468-476 (Дунаев Н.Н.)
16. Оценка геоэкологической обстановки в районе нефтяного месторождения «Приразломное» (Печорское море) // *Океанология*, том 42, №6, 2002, С.914-919 (Павлидис Ю.А., Дунаев Н.Н.).
17. Подводные террасы Печорского моря // *Океанология*, том 42, №6, 2002, С.894-901 (Павлидис Ю.А., Дунаев Н.Н., Артемьев А.В.)
18. Печорское море. Системные исследования. Глава 1. М., Изд.группа «Море», 2003, С.27-92 (Дунаев Н.Н., Артемьев А.В., Огородов С.В.)
19. Геоакустическая модель шельфа // Прикладные технологии гидроакустики, СПб, Наука, 2006, С.96-100 (Андреев М.Я., Островский Д.Б., Павлидис Ю.А.)
20. Обстановки морфолитогенеза на шельфах Мирового океана, М., Наука, в печ., 40 печ.л. (Павлидис Ю.А.)
21. Генеральная прогнозная схема развития прибрежных зон арктических морей Евразии в XXI веке // *Океанология*, №1, том 47, 2007 (Павлидис Ю.А., Леонтьев И.О., Рахольд Ф., Григорьев М.Н., Разумов С.Р., Васильев А.А.)
22. The Main Features of Modern Sedimentation in the Southern Part of the East Siberian Sea // *Berichte zur Polarforschung. Reports on Polar Research.*

- Surface-sediment composition and sedimentary processes in the central Arctic Ocean and along Eurasian Continental Margin. Alfred Wegener Institute für Polar und Meeresforschung, Bremerhaven, Federal Republic of Germany, vol. 212, 1996, P. 89-95
23. Morphogenetic classification of the arctic coastal seabed // Berichte zur Polar- und Meeresforschung. Reports on Polar and Marine Research. Arctic Coastal Dynamics, AWI, Bremerhaven, Federal Republic of Germany, № 443, 2003. P.89-92 (Pavlidis Yu., Rachold V.).
 24. Bathymetric seabed mapping based on GIS-technology // Berichte zur Polar- und Meeresforschung, № 482, 2004. P.41-45 (Pavlidis Yu., Rachold V., Gracheva M.).
 25. An engineering geocryological zoning of Varandey peninsula and the adjoining shallow shelf zone // Berichte zur Polar- und Meeresforschung, № 482, 2004, p.49-52 (Popova A., Rivkin F., Ivanova N., Koreisha M., Cherina I., Rachold V.).
 26. Morphogenetic classification of the Arctic coastal zone // Springer Berlin/Heidelberg, www.springerlink.com/index/10.1007/s00367-004-0190-1, ISSN: 0276-0460 (paper) 1432-1157 (online), DOI: 10.1007/s00367-004-0190-1, published 3 December, 2004 (Pavlidis, Yu.A., Rachold, V., Grigoryev, M.N., Rivkin, F.M., Ivanova, N.V., Koreisha, M.M.).
 27. Morphogenetic classification of the Arctic coastal zone // Geo-Marine Letters, Springer Berlin/Heidelberg, vol.25, number 2, 2005. P.89-97 (Pavlidis, Yu.A., Rachold, V., Grigoryev, M.N., Rivkin, F.M., Ivanova, N.V., Koreisha, M.M.).
 28. Modern environment conditions of the Pechora Sea (climate, currents, waves, ice regime, tides, river runoff and geological structure) // Berichte zur Polar- und Meeresforschung, № 501, 2005. P.7-38 (Dunaev N., Politova N.).
 29. Submarine terraces in the Pechora Sea // Berichte zur Polar- und Meeresforschung, № 501, 2005. P.75-84 (Pavlidis Yu., Dunaev N., Artem'ev A., Politova N.).
 30. New data on bottom topography // Berichte zur Polar- und Meeresforschung, № 501, 2005. P.91-102 (Pavlidis Yu., Dunaev N., Artem'ev A., Politova N.).
 31. Sediment sequences of the Southern Novoaya Zemlya trough (Pechora Sea): Facial and stratigraphic interpretations // Berichte zur Polar- und Meeresforschung, № 501, 2005, p.125-140 (Pavlidis Yu., Dunaev N.).
 32. Geocological situation in 'Prirazlomnoe' oilfield area, Pechora Sea // Berichte zur Polar- und Meeresforschung, № 501, 2005. P.195-200 (Pavlidis Yu., Dunaev N., Politova N.).



Работа напечатана в типографии
ООО «Альянс ДокументЦентр»
Тираж 100 экз. Заказ № 352