

На правах рукописи

Б-119 .

ФРИДМАН Борис Семёнович

Фридман

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ
КАРТОГРАФИРОВАНИЯ РЕЛЬЕФА
ДНА АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦЫ
НАЦИОНАЛЬНОЙ ЮРИСДИКЦИИ
РОССИИ В АРКТИКЕ**

Специальность 25.00.33 — картография

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени
доктора географических наук



МОСКВА

2008

На правах рукописи

ФРИДМАН Борис Семёнович

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ
КАРТОГРАФИРОВАНИЯ РЕЛЬЕФА
ДНА АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦЫ
НАЦИОНАЛЬНОЙ ЮРИСДИКЦИИ
РОССИИ В АРКТИКЕ

Специальность 25.00.33 — картография

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени
доктора географических наук

МОСКВА

2008



Работа выполнена в Государственном научно-исследовательском
национально-гидрографическом институте Министерства оборо-
ны РФ (ГНИИГИ МО).

Официальные оппоненты:

доктор географических наук,
профессор
Г. Д. Куршов

доктор географических наук,
профессор
Ю. Г. Симонов

доктор географических наук,
член-корреспондент РАН
Г. Б. Улицев

Ведущая организация:
Институт географии РАН

Защита состоится в 15.00 10 апреля 2008 г. на заседании диссер-
тационного совета по геоморфологии и эволюционной географии,
гляциологии и криологии Земли, картографии, геоинформатике
(Д-501.001.61) в Московском государственном университете
им. М. В. Ломоносова по адресу: 119992, Москва, ГСП-2, Ленинские
горы, МГУ, географический факультет, 21 этаж, ауд. 2109.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке географического фа-
культета МГУ, 21 этаж.

Автореферат разослан «14» _____ 2008 г.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах, заверенные печатью) про-
сим направлять по адресу: 119992, Москва, ГСП-2, Ленинские горы,
МГУ, географический факультет, учёному секретарю диссертационного
совета. Д-501.001.61, факс (495) 932-88-36. E-mail: science@geo.msu.ru.

Учёный секретарь

диссертационного совета,
кандидат геогр. наук
А. Л. Шныпиков

ВВЕДЕНИЕ

В 1982 году на третьей Конференции ООН по морскому праву в Же-
неве принята Конвенция, положения которой регулируют все междуна-
родные аспекты морского пространства, в том числе и делимитацию
акваторий прибрежными государствами [Конвенция ООН..., 1984].

Для государств, прилегающих акватория которых простирается более
200 морских миль от линий наибольшего берегового отлива, называемых
исходными линиями, положение границы регламентируется требова-
ниями VI части Конвенции — “Континентальный шельф”. По опреде-
лению Конвенции, юридический континентальный шельф включает аква-
торию прибрежного государства на всем протяжении естественного
продолжения его сухопутной территории до внешней границы подвод-
ной окраины материка и граница национальной юрисдикции определяет-
ся на континентальной окраине в её геоморфологическом понимании,
которая состоит из шельфа, склона и подножия [Конвенция..., 1984]. Для
определения границы прибрежных государств Конвенцией установлен
газовый параметр (исходная линия границы) — подножие континен-
тальной склона, относительно и мористее которого определяется внеш-
няя граница юридического континентального шельфа.

Арктический бассейн относится к наиболее сложным районам Миро-
вого океана для реализации требований Конвенции. Его рельеф характе-
ризуется широким континентальным шельфом, за пределами которого
установлено торпезное сопряжение хребтов и поднятий с протяжёжен-
ными континентами, что приводит к неоднозначному определению по-
ложения континентальной окраины специалистами различных тектони-
ческих направлений.

Анализ требований Конвенции показал, что для обоснования границ
национальной юрисдикции прибрежных государств в Арктике необхо-
димо разработать научных основ целевого (в контексте требований Кон-
венции) картографирования и методических построений, базирующихся
на результатах гидрографических исследований. Разномасштабные кар-
тографические основы необходимы для научного обоснования положе-
ния континентальной окраины бассейна, а база батиметрических дан-
ных для научно-методических разработок по определению базовых
параметров юридической границы.

В 1997 году Россия ратифицировала Конвенцию ООН по морскому
праву и для определения границы континентального шельфа результаты
отечественных гидрографических исследований Арктического бассейна
использованы в полном объёме.

Актуальность диссертации определяется необходимостью решения проблемы внешней границы континентального шельфа России в Арктике на основе систематизации результатов отечественных гидрографических исследований и формирования базы батиметрических данных, составления батиметрической карты Арктического бассейна масштаба 1:2 500 000, важностью теоретического обоснования метода определения положения внешней границы пассивной континентальной окраины, основных батиметрических и геоморфологических параметров границы в соответствии с требованиями Конвенции ООН по морскому праву. Результаты исследования рельефа и картографирования, основанные на достоверной базе батиметрических данных, необходимы также и для развития комплексных исследований в области гидрографии, океанологии, геологии, геофизике и экологии.

Тема диссертационной работы находится в полном соответствии с утверждённой Президентом Российской Федерации целевой программой "Мировой океан", Законом о континентальном шельфе Российской Федерации от 30 ноября 1995 года и Постановлениями Правительства России от 16 июня 1997 года № 717 в связи с необходимостью обоснования внешней границы континентального шельфа в Арктике, международным проектом 1997 года по созданию базы батиметрических данных и международной батиметрической карты Арктического бассейна.

Цель диссертационной работы — разработка научных основ целевого (в контексте требований Конвенции) картографирования, базрумпихся на результатах гидрографических исследований России, научно-методических разработок по определению базовых параметров юридической границы и теоретическое обоснование положения внешней границы континентальных окраин Арктического бассейна с учётом специфики рельефа дна; граници морфологических провинций континентальных окраин и практическое решение проблемы определения положения базовых параметров внешней границы юридического континентального шельфа России в Арктике на основе систематизации результатов различных масштабных отечественных гидрографических исследований, а также формирования базы батиметрических данных и локализации этой базы на районь континентальной окраины в пределах традиционного российского сектора Арктики в батиметрическом диапазоне основных параметров внешней границы юридического континентального шельфа в соответствии с требованиями Конвенции ООН по морскому праву.

Реализация поставленной цели предусматривает решение следующих **основных научных задач**:

1. Систематизация результатов промера России в Арктике и анализ параметров гидрографической изученности для определения положения морфологических граници элементов континентальной окраины и базовых параметров граници национальной юрисдикции России в соответствии с требованиями Конвенции ООН по морскому праву. Создание базы батиметрических данных Арктического бассейна и её локализация на районь континентальной окраины в диапазоне глубин значимой батиметрической зоны, необходимой для математического моделирования глубин цифровых батиметрических профилей по определению положения подножия континентального склона и изобаты 2500 м.

2. Составление, редактирование и подготовка к изданию батиметрической карты "Центральный Арктический бассейн", масштаба 1:2 500 000, с сечением изобат через 200 м. Разработка электронной версии карты для документального обоснования внешней граници континентального шельфа России в Арктике в Комиссии ООН по морскому праву. Сравнительный анализ батиметрических карт Арктического бассейна России и международной батиметрической карты ИВСАО, устранение противоречий в рельефе по результатам отечественных и зарубежных гидрографических исследований.

3. Морфологический и морфометрический анализ батиметрических карт России с использованием планшетов систематического промера для обоснования положения и граници континентальной окраины Арктического бассейна.

4. Математическое моделирование глубин значимой батиметрической зоны и математический анализ цифровых батиметрических профилей для однозначного определения положения точки подножия континентального склона и изобаты 2500 м с оценкой их точности, географических координат, глубины точки ПКС и углов наклона дна склона и подножия.

В качестве **фактологической основы** исследования использован полный объём материалов систематического точечного промера со льда и с подводных лодок, а также маршрутного промера, выполненного отечественной гидрографией в период с 1961 по 1999 г., на более 80 % площади Арктического глубоководного бассейна. Исследования бассейна сейсмическими методами выполнены на площади более 4 млн км². По результатам гидрографических исследований России достоверным систематическим промером охвачены практически все геоморфологические провинции Арктического глубоководного бассейна.

В пределах российского сектора Арктики зарубежные гидрографические исследования представлены редкими галсами маршрутного

промера, а результаты систематического промера американских подводных лодок на хребте Ломоносова не доступны. По этой причине результаты зарубежных гидрографических исследований, религиозанные в международно батиметрической карте ИВСаО, использованы лишь для сравнительного анализа рельефа этой карты с отечественными батиметрическими картами Северного Ледовитого океана.

Достоверность и точность результатов исследования определяется следующими факторами:

1. Объём измеренных глубин бассейна составил около 40 тысяч со льда и более 92 тысяч линейных километров промера с подводных лодок.

2. Средняя квадратическая погрешность (СКП) положения глубин за счет погрешностей координирования (σ_m), по данным материалов полевых исследований в Арктическом бассейне, составила $\sigma_m = 0,91$ км. Погрешность получения географических координат глубин по результатам одифровки планшетов промера не превышает 1 мм, что в масштабе планшета соответствует $\sigma_0 = 0,5$ км.

Общая оценка погрешности местоположения глубин в районе базовых параметров внешней границы континентального шельфа России выполняется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_m^2 + \sigma_0^2} = \sqrt{0,91^2 + 0,5^2} = 1,04 \text{ км.}$$

3. Подробность промера в районах определения положения подножия континентального склона и изобаты 2500 м изменяется от 4,8 до 27 км. Математическое ожидание m_s , расстояния s между соседними отметками глубин составило $m_s = 11$ км со средним квадратическим отклонением $\sigma_s = 4,34$ км. Размеры аккумулятивных форм в зоне сопряжения склона с подножием сопоставимы с плотностью промера и в соответствии с методикой исследования не оказывают существенного влияния на определение положения базовых параметров внешней границы континентального шельфа.

4. Подробность промера зон сопряжения хребтов и поднятий с прилегающими континентами составила 2—5 км, что достаточно для детального анализа рельефа при определении естественно продолжения континентальных окраин на хребты и поднятия.

5. Общая погрешность точек подножия континентального склона определена с учётом средней квадратической погрешности σ_s положения подножия континентального склона, найденного по сети точек зондирования со средним расстоянием $S = 11$ км ($\sigma_1 = 3,18$ км); общей погрешно-

сти местоположения глубин в районе определения параметров границы ($\sigma_2 = 1,04$ км); погрешности определения равноотстоящих точек цифровых батиметрических профилей через 2,5 км ($\sigma_3 = 0,72$ км) и средней квадратической погрешности определения подножия континентального склона за счет метода обработки профилей $\sigma_4 = 2,5$ км. Таким образом, общая погрешность подножия континентального склона в значимой батиметрической зоне составила:

$$\sigma_{\text{ИЭС}} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \sigma_4^2} = \sqrt{3,18^2 + 1,04^2 + 0,72^2 + 2,5^2} = 4,24 \text{ км.}$$

С учётом изменения угла наклона дна в точке сопряжения континентального склона с континентальным подножием от 40' до 2° и более погрешность точек ИЭС может достигать 5 км.

Погрешность положения изобаты 2500 м на континентальной окраине определяется величиной 1,23 км.

6. Все измерения глубин со льда (при эхолотировании и сейсмических исследованиях) сопровождались многоточечными гидрологическими станциями для введения поправок за скорость звука в воде, в результате чего оценка погрешности измерения глубин для всего массива данных не превысила 0,5 % глубины.

7. Априорная оценка точности измерения глубин со льда сопоставима с априорной оценкой измерений глубин непрерывного эхолотирования и не превышает 24 м.

8. Определение базовых параметров внешней границы континентального шельфа России выполнено с применением однозачного математического аппарата, в комплексе с геоморфологическим анализом глубин континентальной окраины.

Личный вклад автора

Автор лично участвовал в следующих работах:

— составлении и редактировании батиметрических карт “Центральный Арктический бассейн” масштаба 1:2 500 000, батиметрических карт масштаба 1:1 000 000 на зоны сопряжения хребта Ломоносова и поднятия Менделеева с континентальной окраиной Евразии, а также разработки электронной версии этих карт;

— сравнительном анализе рельефа отечественных батиметрических карт с международно батиметрической картой ИВСаО;

— создании базы батиметрических данных Арктического бассейна и значимой батиметрической зоны континентальной окраины;

— разработке всех методов картографического анализа и математического моделирования глубин для определения параметров внешней границы континентального шельфа;

— определения положения подножия континентального склона и морфометрических характеристик континентальной окраины на 79 цифровых батиметрических профилях в пределах российского сектора Арктики.

Основные защищаемые положения

1. Гидрографические исследования и батиметрическое картографирование рельефа дна Арктического бассейна составляют важную научно-практическую и международно-правовую основу для решения проблемы определения внешней границы юридического континентального шельфа (ВКШ) приарктических государств в соответствии с требованиями Конвенции ООН 1982 года по морскому праву. Анализ результатов гидрографических исследований России по параметрам изученности (объёму, подробности и точности измерения глубин) позволяет утверждать, что они полностью соответствуют практической реализации проблемы достоверного определения ВКШ России в Арктике.

2. Систематизация результатов гидрографических исследований России и создание базы батиметрических данных Арктического бассейна позволяют использовать методы математического анализа для определения границы национальной юрисдикции в Арктике.

3. Для однозначного определения положения одного из основных параметров внешней границы континентального шельфа — подножия континентального склона наиболее целесообразно сочетание методов картографического и геоморфологического анализа континентальной окраины в комплексе с математической обработкой цифровых батиметрических профилей, построенных по базе батиметрических данных Арктического бассейна.

4. Результаты математического моделирования базы батиметрических данных в соответствии с геоморфологическими представлениями о батиметрическом положении границы пассивных континентальных окраин позволяют утверждать, что в пределах российского сектора Арктики положение континентальной окраины установлено лишь в Евразийском суббассейне. Провинция хребтов и поднятий Американо-Атлантического суббассейна по батиметрическому уровню, морфометрическим характеристикам и геоморфологическим представлениям является естественным продолжением континентов в океан, аналогично противоложащему Канадско-Датскому сопряжению провинции.

Научная новизна диссертационной работы состоит в том, что в ней впервые выполнен картографо-геоморфологический анализ рельефа по базе батиметрических данных, основанной на систематизации результатов промера России, позволяющей использовать математический анализ глубин для обоснования положения континентальной окраины Арктического бассейна и определения параметров внешней границы континентального шельфа — подножия континентального склона и изобаты 2500 м. Анализ базы батиметрических данных позволил обоснованно рассматривать положение континентальной окраины на акватории всего бассейна, а трёхмерные модели провинции хребтов и поднятий наглядно подтвердили результаты морфологических исследований прошлых лет о естественном продолжении этой провинции в океан, аналогично противоложащей континентальной окраине о. Элсмир.

Установлено, что зона сопряжения склона с подножием представляет аккумулятивный осадочный шлейф, поверхность которого сивелирована аккумулятивными формами различной пространственной ориентировки и размеров и по этой причине определение границ континентальной окраины — основания континентального склона и подножия континентального склона неоднозначно. С использованием базы батиметрических данных впервые разработана методика, позволяющая математически достоверно локализовать основание континентального склона и определить границы этой зоны шириной не более 25 км.

Локализации основания континентального склона предшествует математический процесс сглаживания рельефа и определение фондовых поверхностей склона и подножия. В зоне сопряжения этих фондовых поверхностей на цифровых батиметрических профилях по результатам математического анализа однозначно определено положение подножия континентального склона. В Евразийском суббассейне положение континентального подножия установлено в достаточно широкой полосе (до 400 км) в котловинах Нансена и Амундсена. Угол наклона дна подножия от 10' до 25' и в зоне его сопряжения с континентальным склоном угол наклона дна последнего может принимать значения от 45' до 2°. На значительном протяжении хребта Ломоносова в котловине Амундсена подножие в рельефе не установлено и склон при углах более 1° сопряжён с абиссальной равниной на глубинах порядка 4000—4300 м.

Анализ батиметрических профилей позволил впервые установить, что по морфометрическим характеристикам склоны положительных и нейтральных форм рельефа провинции хребтов и поднятий Американо-Атлантического суббассейна не являются континентальными, что подтверждает

результаты морфологического анализа прошлых лет о естественном положении этой провинции в океан.

Показано, что создание международной базы батиметрических данных Арктического бассейна, основу которого составляют батиметрические карты России, позволяет надеяться на то, что многоцелевые исследования бассейна будут проводиться на согласованной батиметрической основе, что даёт возможность избежать разной интерпретации рельефа специалистами.

Практическое значение диссертационной работы определяется тем, что Россия получает возможность обоснованно определить положение внешней границы юридического континентального шельфа в Арктике.

Создание базы батиметрических данных Арктического бассейна по результатам высокоточных систематических гидрографических исследований России позволяет использовать методы математического моделирования для решения многоцелевых фундаментальных научных и практических исследований и реализации требований Конвенции ООН по морскому праву по определению внешней границы юридического континентального шельфа России в Арктике.

Реализация результатов диссертационной работы осуществляется, прежде всего, в изданной батиметрической карте "Центральный Арктический бассейн", в масштабе 1:2 500 000, на 4 листах, и согласовании рельефа с международной батиметрической картой ИВСАО, в результате чего получена точная батиметрическая основа Арктического бассейна, необходимая для обеспечения отечественных и зарубежных научных программ.

Результаты исследования базы батиметрических данных России являются основой для документального обоснования внешней границы юридического континентального шельфа России в Комиссии ООН по морскому праву.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования докладывались автором и обсуждались на различных отечественных и международных совещаниях:

— Морской коллегии России (Москва, 2000—2007);

— междуведомственных совещаниях по проблеме внешней границы континентального шельфа России в Арктике (Санкт-Петербург, 1994—2001);

— международных совещаниях по проблеме внешней границы континентального шельфа в Арктике (Санкт-Петербург, 1996, 2000);

— международной выставке ЭКСПО-98 (Лиссабон, 1998);

— III Международной конференции по континентальным арктическим окраинам (Ганновер, 1998);

— Международной конференции по техническим аспектам определения морских границ и разграничения (Монако, 1999);

— 3-й международной научно-практической конференции "Геопрограммные технологии и сферы их применения" (Москва, 2007);

— конференции Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института (Санкт-Петербург, 2007).

Публикации. Основные результаты и положения диссертации опубликованы в 26 работах, в том числе трёх монографиях, шести картах, атласе и семи статьях, в рекомендованных журналах ВАК.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав и выводов общим объёмом 234 стр., включая 71 иллюстрацию, 8 таблиц и библиографический список из 87 наименований.

Благодарности. Прежде всего автор хотел бы поблагодарить отечественных гидрографов, многолетним титаническим трудом которых исследован практически весь Арктический бассейн. Реализация методических разработок была бы невозможна без постоянной помощи начальника ГНИНГИ контр-адмирала С. П. Алексеева, заместителя начальника ГНИНГИ А. Н. Добротворского и сотрудника института А. В. Каврайского.

Реализация картографических проектов и создание базы батиметрических данных осуществлена при постоянном сотрудничестве с руководством 280 ЦКП ВМФ — В. Д. Фомченко, В. М. Фоминим, И. И. Бонаковым и другими сотрудниками, за что им автор признателен.

Автор благодарит также сотрудников кафедры картографии и геоинформатики и кафедры геоморфологии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, сотрудников Института географии РАН за их внимание к проблеме исследования в ходе обсуждения данной работы.

Глава 1

ГИДРОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА ДНА АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

История исследования Северного Ледовитого океана достаточно подробно рассмотрена отечественными и зарубежными работами показала, что существовавшие с конца XIX столетия гипотетические представления об Арктическом бассейне оказали существенное влияние на

формирование взглядов о происхождении бассейна, развитие рельефа, что и отражено на опубликованных впоследствии батиметрических картах, вплоть до середины XX столетия [Гаккель, 1957, 1960; Ostensjo, 1962; Weber, 1983; Киселёв, 1986; Нарышкин, 1987].

Открытие Арктического глубоководного бассейна принадлежит Ф. Нансену, который во время дрейфа на шхуне "Фрам" от Новосибирских островов к архипелагу Шпицберген в 1893—1896 гг. измерил 11 глубин в диапазоне от 3400 до 4000 м и сделал вывод о том, что большая часть полирного моря представляет глубоководный бассейн [Гаккель, 1957; Ostensjo, 1962]. В 1938 г. во время дрейфа ледокольного парохода "Г. Селов", путь которого проходил севернее дрейфа "Фрама", были измерены глубины более 5200 м [Гаккель, 1957]. Результаты этих экспедиций и отдельные эпизодические измерения глубин оказали существенное влияние на формирование взглядов поколений учёных на рельеф дна Арктического бассейна как единой однородной котловины.

1.1. Гидрографические исследования бассейна во второй половине XX столетия

Начиная с 50-х годов прошлого столетия для измерения глубин используются эхолоты, что значительно увеличило объём батиметрической информации и повысило её качество. С этого момента интенсивность исследования бассейна значительно возросла и батиметрические карты позволяют проследить последовательную смену представлений о рельефе дна Арктического бассейна за этот короткий 50-летний период.

С 1948 по 1956 г. Россия проводит высокоширотные воздушные экспедиции на хребте Ломоносова с многочисленными посадками на дрейфующий лёд [Гаккель, 1957]. За этот период с учётом дрейфующих станций было измерено более 400 глубин, наименьшая из которых, измеренная в 1949 году, составила 1005 м. По результатам отечественных экспедиций Я. Я. Гаккелем в 1948, 1949, 1954 и 1955 гг. опубликованы батиметрические карты. На батиметрических картах 1948 и 1949 гг. впервые показаны контуры трансарктического хребта Ломоносова [Гаккель, 1957]. На картах 1954 и 1955 гг. кроме хребта Ломоносова в Евразийском суббассейне просматривается ещё одна горная система, которую можно считать первым наброском Срединно-Арктического хребта (хребта Гаккеля) [Гаккель, 1957]. Последующие работы российских полярников направлены на более детальные исследования хребта Ломоносова, а также всего Евразийского суббассейна и в 1960 г. Я. Я. Гаккелем

опубликована новая батиметрическая карта Арктического бассейна [Гаккель, 1960].

Из зарубежных работ этого периода следует отметить исследования на американских дрейфующих станциях "Г-3" и "Альфа" с 1952 по 1954 г. и в 1957, 1958 гг. соответственно, результаты которых привели к открытию отрога Марвина и хребта Альфа [Ostensjo, 1962; Weber, 1983]. Достаточно подробная съёмка рельефа дна в районе Чукотского поднятия выполнена экспедицией на американской станции "Чарли" в 1959 г. [Ostensjo, 1962].

С 1958 по 1960 г. американскими атомными подводными лодками выполнен маршрутный промер в Амеразийском суббассейне Северного Ледовитого океана, результаты которого установили интенсивно расчленённый рельеф дна в районе от пролива Фрам до 86° северной широты [Diets and Shipway, 1961; Ostensjo, 1962; Weber, 1983].

К 1960 г. отечественными и зарубежными экспедициями по разным оценкам измерено от 7000 до 20 000 глубин, расположенных крайне неравномерно по всему Арктическому бассейну [Гаккель, 1960; Ostensjo, 1962]. Этот достаточно большой объём батиметрических данных позволил определить основные формы рельефа, их границы, наиболее обильные черты морфологии и некоторые морфометрические характеристики форм. Было установлено, что Арктический бассейн разделён хребтом Ломоносова на Евразийский и Амеразийский суббассейны. Срединно-Арктический хребет, в свою очередь, делит Евразийский суббассейн на абиссальные котловины Нансена и Амундсена. В рельефе этот хребет прослеживается от Лаптевоморской континентальной окраины в направлении пролива Фрам, где и соединяется с системой срединно-океанических хребтов Норвежско-Гренландского бассейна. Результаты исследований реализованы на батиметрических картах, наибольший интерес из которых представляют физикографическая (1971) и батиметрическая (1975) карты Арктического бассейна, составленные Б. Хейзеном и М. Тарп [Heezen, Tharp, 1971; Heezen, Tharp, Rintner, 1975]. Из наиболее значимых зарубежных работ того времени необходимо отметить масштабные комплексные экспедиции на хребтах Ломоносова — Лотех-79 и Альфа — Сеса-83, которые значительно увеличили базу батиметрических данных Арктического бассейна [Weber, 1979; Weber, 1982; Weber..., 1985]. Итогом зарубежных исследований Северного Ледовитого океана второй половины XX столетия стало издание международной батиметрической карты ПЕВКО, л. 5—17, масштаб 1:6 000 000, 1979 г. [ГЕВСО, 1979]. Эта карта до конца столетия оставалась единственным официальным источником сведений о рельефе дна Северного Ледовитого океана.

1.2. Гидрографические исследования России в Арктике

Широкомасштабные гидрографические исследования России в Арктике начиная с 1961 г. продолжались более 35 лет. Съёмка рельефа дна проводилась авиаласантным способом с дрейфующих льдов, подводных и надводных судов. К концу XX столетия практически вся акватория Арктического бассейна (более 80 % площади) обследована высокоточным систематическим промером. Эхолотом со льда измерено 21 120 глин, сейсмозондированием со льда — 17 426 глин, а промер с подводных додок составил более 92 000 линейных километров [Российские сейсмические..., 1997; Объяснительная записка..., 1999; Геоморфологические аспекты..., 2005; Фридман, 2007]. Сейсмические исследования бассейна выполнены в высокоширотных экспедициях “Север” на площади более 4 млн км².

Для картографирования и решения прикладных задач важное значение имеет подробность промера. В соответствии с существующими требованиями гидрографии систематический промер проводится при взаимном перекрытии смежных площадей (до 30 %), что значительно повышает результирующую подробность измерений. Анализ результатов гидрографической изученности России показал, что подробность промера дифференцирована как по простиранию форм, так и по их батиметрическому положению. Средние значения подробности измерений для всей акватории бассейна составили 2—5 км на хребтах, поднятиях, а также в зонах их торцевого сопряжения с континентальными окраинами; на склонах хребтов и поднятий 7—10 км, а в районах абиссальных и бативальных равнин 15—25 км [Фридман, 2007].

К настоящему времени база батиметрических данных России представляет достаточно большой объём достоверных измерений глубин, необходимых для многоцелевых исследований и составления разномасштабных карт практически на все районы Арктического бассейна.

Результаты гидрографических исследований России в Арктике отражены в известных многочисленных изданиях, в том числе и Национальном атласе России [Фридман, 1999; Фридман, 2002; Комарицын, Фридман, 2002; Национальный атлас..., 2004]. В 1995 г. опубликована орографическая карта Арктического бассейна масштаба 1:5 000 000, на которой впервые подробно и в полном объёме представлена морфология разнопорядковых форм рельефа [Орографическая карта..., 1995]. Карта составлена по результатам морфологического анализа батиметрических данных, в основу которого положены методические разработки В. В. Ермолова, реализованные отечественной гидрографией и получив-

шие дальнейшее развитие в работах Ю. Г. Симонова [Ермолов, 1958; Основы изображения..., 1973; Симонов, 2002, 2005]. Орографическая карта стала надёжной основой морфологического анализа батиметрических данных при составлении карты Северного Ледовитого океана, опубликованной в 1998 г. в масштабе 1:5 000 000 в стереографической проекции, с изобатами через 200 м на глубоководную часть бассейна [Рельеф дна..., 1998; Объяснительная записка..., 1999; Геоморфологические аспекты..., 2005; Фридман, 2007]. В 2002 г. по результатам промера откорректирован рельеф дна некоторых районов бассейна и издана батиметрическая карта — “Центральный Арктический бассейн”, масштаба 1:2 500 000, на 4 листах, адмиралтейский № 91115 [Центральный Арктический..., 2002].

Несмотря на большой опыт картографирования отечественной гидрографии, Арктический бассейн является сложным районом для составления разномасштабных батиметрических карт и реализации прикладных программ, что объясняется необходимостью выбора проекции, позволяющей свести к минимуму возможность искажений рельефа изобатами, проведёнными через 200 м, методики отображения рельефа с учётом интенсивной расчленённости и последующих расчётах при определении положений базовых параметров Конвенции. Для оптимального решения методических вопросов по проектированию, составлению батиметрических карт и последующей реализации проблемы внешней границы континентального шельфа использованы известные теоретические разработки отечественной картографии, которые не только соответствуют известным правилам гидрографии по мелкомасштабному батиметрическому картографированию, но и значительно их дополняют [Заруцкая, Скорнякова, 1972; Заруцкая, Сваткова, 1982; Заруцкая, Красильникова, 1988; Серапинас, 2005; Симонов, Прохорова, Серапинас, 2006 и др.].

Батиметрические карты России предназначены для развития многоцелевых фундаментальных исследований и определения внешней границы нордического континентального шельфа в Арктике. Для решения последней задачи необходима детализация рельефа континентальной окраины, включая шельф, склон и подножие. Известными работами Г. А. Сафьянова показано, что при интенсивной расчленённости континентальных окраин ведущая роль в формировании и динамике аккумулятивных форм на границе континентального склона и подножия принадлежит каньонам [Сафьянов, 1996; Сафьянов, 2001]. Для подробного отображения разнопорядковых форм континентальной окраины отечественные батиметрические данные использованы в полном объёме и рельеф дна составлен в традиционном “ручном варианте”, по планшетам

систематического промера масштаба 1:500 000, с использованием в ряде случаев эхограмм судового промера.

Глубоководная часть бассейна характеризуется интенсивным расчленением рельефа и наличием сопряжённых разнопорядковых форм при их торцевом сопряжении с континентальными окраинами. Учитывая исключительно сложный рельеф и достаточную (сопоставимую с размерами форм) плотность промера, рельеф глубоководного бассейна составлен по планшетам промера в масштабе 1:500 000 и эхограммам судового промера с использованием морфологической основы и традиционных методов геоморфологической интерполяции, разработанных Г. Б. Удinceвым [Удinceв, 1972, 1987].

Анализ батиметрических данных и картографирование показали, что результаты гидрографических исследований России позволяют решать многолетние фундаментальные и прикладные задачи, к которым относятся:

1. Комплексный (морфологический и морфометрический) анализ батиметрических данных для определения состава и структуры поверхности дна.
 2. Разномасштабное морфологическое и батиметрическое картографирование с подробным отображением форм рельефа разного порядка и их границ.
 3. Анализ рельефа дна с позиции геоморфологических представлений о строении континентальной окраины и определение положения континентальной окраины бассейна.
 4. Создание базы батиметрических данных для определения положения подложки континентального склона в соответствии с требованиями Конвенции ООН по морскому праву.
- Решение первых трёх задач необходимо для геоморфологического обоснования границ континентальной окраины и особенно в зонах сопряжения с противоположащими континентами, а для документального определения положения требуемых Конвенцией параметров ВГКШ необходима база батиметрических данных.

Глава 2

РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ БАТИМЕТРИЧЕСКОЙ КАРТЫ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА (ВВСАО)

Орографическая и батиметрические карты России впервые подробно отображали рельеф дна Арктического бассейна. Подобных картографических аналогов на этот район Мирового океана в конце XX столетия не

существовало. Однако для устранения противоречий между специалитетами по рельефу дна бассейна необходимо было создание международной базы батиметрических данных, позволяющей избежать разночтения рельефа.

Решение о создании такой базы батиметрических данных и батиметрической карты было принято редколлегией International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean (ВВСАО) в 1997 г. К настоящему времени база батиметрических данных представлена регулярной сетью цифровых данных (ячейки 2,5 км × 2,5 км) и составлена батиметрическая карта.

Россия представила в международную базу батиметрических данных морские навигационные карты и батиметрическую карту "Рельеф дна Северного Ледовитого океана" масштаба 1:5 000 000, рельеф дна которой использован для составления карты ВВСАО. В последующем, в редколлекцию ВВСАО представлена и цифровая версия батиметрической карты "Центральный Арктический бассейн", масштаба 1:2 500 000 [Геоморфологические аспекты..., 2005; Фридман, 2007].

Доступная зарубежная гидрографическая информация показала, что значительная часть акватории бассейна обеспечена редкими галсами маршрутного промера, за исключением некоторых значимых работ за пределами Российского сектора Арктики. Особого внимания заслуживают результаты тринадцатилетних исследований на ледоколе "Полярштерн" в районе Шпицбергенской зоны разломов; хребтах Ломоносова, Альфа и съёмка рельефа дна рифтовой зоны хребта Гаккеля в 2001 г. [Michael..., 2003].

Учитывая важное значение международной (согласованной на уровне специалистов) батиметрической карты и согласованной базы батиметрических данных, как документальной основы для реализации Конвенции ООН по делимитации Арктического бассейна, нами совместно с редколлегией ВВСАО выполнен сравнительный анализ рельефа по основным геоморфологическим провинциям — континентальной окраине, абиссальным равнинам, хребтам и поднятиям [Фридман, 2007]. Экспертная оценка результатов сравнения карт основана на параметрах гидрографической изученности, а анализ рельефа выполнен с использованием материалов промера.

По результатам анализа батиметрических данных установлено, что разнопорядковые формы рельефа и положение изобат на обеих картах совпадают на 80 %. Хорошая сходимость рельефа установлена на континентальной окраине Евразии в пределах российского сектора Арктики, а также в зонах сопряжения хребтов Альфа, Ломоносова и поднятий Менделеева, Чукотского и Нортуинд с континентальными окраинами Евра-

зии, о. Элсмир и Канадского Арктического архипелага, что очень важно для определения положения континентальной окраины при реализации требований Конвенции.

Вместе с тем, более детальный анализ рельефа (на уровне форм) обнаружил 31 район рассогласования рельефа на картах, большинство из которых не имеют принципиального значения для многополюсных исследований и устранены в процессе редактирования батиметрических данных.

Таким образом, после совместной корректуры, международная батиметрическая карта Арктического бассейна (ПВСАО), за редким исключением не противоречит батиметрическим картам России и эти карты следует рассматривать как согласованный картографический документ — единую картографическую основу [Фридман, 2007]. Наиболее важным результатом согласования карт следует считать отсутствие противоречий по рельефу дна в районах геополитических интересов России — традиционного арктического сектора.

Глава 3

ГИДРОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АРКТИЧЕСКОГО БАСЕЙНА В КОНТЕКСТЕ ТРЕБОВАНИЙ КОНВЕНЦИИ ООН ПО МОРСКОМУ ПРАВУ

Современное состояние отечественной и зарубежной гидрографической изученности Арктического бассейна позволяет сделать вывод о существовании достаточно плотной сети промера, которая реализована национальной и международной базами батиметрических данных, необходимых для фундаментальных исследований и решения актуальной международной проблемы — определения границ национальной и международной юрисдикции приарктических государств.

3.1. Базовые положения Конвенции ООН по определению внешней границы континентального шельфа

В соответствии с требованиями Конвенции ООН по морскому праву границы прибрежных государств с расширенным континентальным шельфом (более 200 морских миль от исходных линий), положениями статьи 76 определяются на континентальной окраине как внешняя граница континентального шельфа [Конвенция..., 1984].

Пунктами 1 и 3 статьи 76 сформулировано понятие юридического континентального шельфа, который расположен на континентальной окраине в её геоморфологическом понимании и включает континенталь-

ный шельф, континентальный склон и континентальное подножие. Пунктом 4 этой же статьи установлен базовый параметр этой границы — подножие континентального склона, мористее которого на удалении 60 морских миль, или в точке, где толщина осадочных пород не менее 1% от такой точки до подножия континентального склона и определяется положение внешней границы юридического континентального шельфа. Базовые параметры определяются на батиметрических профилях, расположенных вкрест простирания континентальной окраины, а расстояние между фиксированными точками внешней границы не должно превышать 60 морских миль.

Конвенцией предусмотрены формальные ограничения границы национальной юрисдикции в соответствии с которыми положение фиксированных точек границы не должно превышать 350 морских миль от исходных линий, или 100 морских миль от изобаты 2500 м.

Наиболее важным и принципиальным для реализации требований Конвенции в Арктическом бассейне является пункт 6 статьи 76, в соответствии с которым "... на подводных хребтах внешние границы континентального шельфа не выходят за пределы 350 морских миль от исходных линий...", но в то же время, это ограничение "... не применяется к подводным возвышенностям, которые являются естественными компонентами материковой окраины, таким, как её плато, поднятия, вздутия, банки и отроги" [Конвенция..., 1984].

Анализ требований Конвенции показал, что определение базовых параметров юридической, границы континентального шельфа основано на гидрографических исследованиях для картографирования акваторий, а также морфометрического и геоморфологического анализа батиметрических данных, результаты которых представляются в Комиссию ООН. Мелкомасштабная батиметрическая карта необходима для геоморфологического анализа при обосновании положения континентальной окраины бассейна и определения положения батиметрических профилей. Другая документальная основа, представленная базой батиметрических данных континентальной окраины, предназначена для определения положения базовых параметров границы.

3.2. Основные особенности рельефа дна Арктического бассейна по результатам гидрографических исследований России

По результатам анализа картографических материалов масштаба 1:2 500 000, 1:5 000 000 и планшетов промера масштаба 1:500 000 открыто и закартографировано много новых не известных ранее форм рельефа,

значительно уточнено положение и границы известных разнопорядковых форм. Работами предыдущих исследований установлены основные особенности и различия рельефа дна суббассейнов, а на фактическом материале с позиции геоморфологических представлений убедительно обосновано положение континентальной окраины Арктического бассейна [Объяснительная записка..., 1999; Геоморфологические аспекты..., 2005; Фридман, 2007]. Существенные различия рельефа акватории неразрывно связаны с различием рельефа континентальных окраин бассейна, установленным по результатам математического анализа глубин базы батиметрических данных [Фридман, 2007]:

1. По комплексу разнопорядковых форм рельефа в Арктическом бассейне выделяются Евразийский и Амеразийский суббассейны, характеризующиеся принципиальным различием рельефа, батиметрического диапазона глубин и положением континентальной окраины [Грамберг, Нарышкин, 1999; Объяснительная записка..., 1999; Геоморфологические аспекты..., 2005]. По результатам анализа гидрографических исследований установлено положение границы континентальной окраины бассейна в пределах Российского сектора Арктики установлено лишь в Евразийском суббассейне.

2. Срединно-океанический хребет Гаккели относительно симметрично разделяет Евразийский суббассейн на две котловины Нансена и Амундсена. Мощность осадочного чехла в котловинах увеличивается по простиранию котловин от Лаптевоморской континентальной окраины и континентальных окраин Гренландии и Шпицбергена в северном направлении. В рельефе такое распределение осадочного чехла в котловинах однозначно определяет положение и внешнюю границу континентальной окраины, границу подножия континентального склона в диапазоне глубин от 2750 до 4300 м (при среднем значении 3400 м) и границу континентального подножия, расположенного на значительной площади котловин с углами наклона дна не более $0^{\circ}25'$ [Орографическая карта..., 1995; Рельеф дна..., 1999; Геоморфологические аспекты..., 2005].

3. Евразийский суббассейн в пределах российского сектора Арктики ограничен Баренцево-Карской, Лаптевоморской континентальными окраинами и окраиной провинции хребтов и подлгий Амеразийского суббассейна — хребтом Ломоносова. На Баренцево-Карской уверенно определяются бровка шельфа, границы склона и подножия. Лаптевоморская континентальная окраина характеризуется волнунгом, нерасчлененным профилем, на котором по известным морфологическим признакам невозможно определить границу склона с подножием и таковая определяется лишь по результатам математического анализа глубин базы батиметриче-

ских данных. Окраина хребта Ломоносова на значительном протяжении определена резкой границей склона с абиссальной равниной Амундсена, а континентальное подножие в рельефе выражено лишь в зонах сопряжения хребта с континентальными окраинами Евразии и о. Элемир.

4. В Амеразийском суббассейне выделяются относительно однородная Канадская котловина, в которой среднее значение подножия континентального склона установлено на глубине немногим более 3200 м и провинция хребтов и подлгий, все формы рельефа которой морфологически связаны между собой и противоложащими континентами в батиметрическом диапазоне глубин, за исключением котловины Макарова, расположенной на абиссальных глубинах [Геоморфологические аспекты..., 2005].

5. Зона торцевого сопряжения провинции с противоложащими континентами в рельефе представлена краевыми плато, тыловой шов которых расположен в батиметрическом диапазоне глубин от 400 до 1750 м. В районе Канадско-Датского сектора провинции зона сопряжения хребтов Альфа и Ломоносова на значительном протяжении представлена в рельефе относительно пологим плато северного простирания в диапазоне глубин 1200—2000 м, с углами наклона дна не более $20'$. Со стороны Евразии подножие склона котловины Подводников установлено в батиметрическом диапазоне глубин (порядка 2100—2700 м, при средних значениях 2400 м). Таким образом, с позиции геоморфологических представлений и требований Конвенции определение границы континентальной окраины и юридической границы континентального шельфа в пределах этой провинции лишено смысла.

3.3. Континентальные окраины Арктического бассейна в контексте требований Конвенции ООН по морскому праву

Континентальные окраины Арктического бассейна относятся к Атлантическому (пассивному) типу и состоят из континентального шельфа, континентального склона и континентального подножия.

Морфологические границы элементов континентальной окраины однозначно определяются на батиметрических профилях и структурными линиями рельефа орографической карты. Требования Конвенции и рекомендации Руководства Комиссии соответствуют геоморфологическим представлениям о континентальных окраинах и однозначно рекомендуют использовать принцип определения границ "... на основе морфологических и батиметрических данных..." [Научно-техническое..., 1999]. Этим же документом определена и необходимость геоморфологического анализа для определения положения подножия континентального

склона, для чего "...будет использоваться только батиметрическая информация".

При определении положения континентальной окраины необходимо учитывать батиметрический диапазон форм рельефа, который должен соответствовать глубинам, характерным для каждого типа окраин. Работами отечественных и зарубежных специалистов показано, что граница пассивных континентальных окраин по морфологическим признакам и батиметрическому положению расположена в зоне сопряжения континентального подножия с абиссальной равниной на глубинах более 4000 м [Улицев, 1987; Канаев, 1979; Ильин, 1976; Леонтьев, 1968; Дибнер, 1965; Хейзен..., 1962; Sherard, 1963; Кеннетт, 1987; Fairbridge..., 1966]. Рекомендации Ракуводства Комиссии ООН не противоречат батиметрическому диапазону этой границы, определяя её на глубинах 4000—4500 м [Научно-техническое..., 1991]. Далее, в направлении бровки шельфа, континентальное подножие сопряжено с континентальным склоном на глубинах 3500 м и более. Эта морфологическая граница, соответствующая указанному батиметрическому диапазону, является границей батального и абиссального диапазона глубин Мирowego океана [Кеннетт, 1987].

Определение положения и границ континентальных окраин с учётом специфики рельефа дна Арктического бассейна и преобладающего диапазона глубин позволило установить не только принципиальные различия рельефа и границ континентальных окраин Евразийского и Амерзайского суббассейнов, но и поставило под сомнение наличие континентальной окраины в районе провинции хребтов и поднятий.

Результаты математического анализа цифровых батиметрических профилей показали, что среднее значение глубины подножия континентального склона на континентальной окраине Евразийского суббассейна и хребте Ломоносова составляет порядка 3400 м.

Для рассматриваемого района Канадской котловины среднее значение глубины подножия континентального склона составило 3200 м.

Провинция хребтов и поднятий Амерзайского суббассейна характеризуется торцевым сопряжением положительных форм с протяжёнными континентами в батальном диапазоне глубин. Хребты и поднятия разделены депрессией, состоящей из серии впадин, глубина которых увеличивается от континентов в северном направлении. Ближайшая к континентальной окраине Евразии впадина Подволчников расположена на батальной террасе с глубинами 2600—2800 м. Математический анализ батиметрических профилей во впадине Подволчников показал, что формально линией вогнутого перегиба профиля в нижней части склона

можно установить границу склона по периметру впадины на глубинах от 2090 до 2620 м, при средних значениях глубины нижней границы склона во впадине 2420 м. Учитывая средние значения глубины подножия континентального склона пассивных окраин Мирowego океана (3500 м), а также близкие значения этой границы в Евразийском суббассейне и Канадской котловине (3400 и 3200 м соответственно), можно утверждать, что склон впадины Подволчников по батиметрическому положению (2420 м) не является континентальным склоном, как таковым. При этом необходимо также учитывать и требования Конвенции, в соответствии с которыми подножие континентального склона всегда расположено мористее изобаты 2500 м. В этом случае определение границы континентальной окраины в котловине Подволчников (при средних значениях подножия склона 2420 м) лишено смысла, так как противоречит логике геоморфологических построений и положениям Конвенции.

Таким образом, по результатам картографических и геолого-геоморфологических исследований установлено, что положение континентального склона в Евразийском суббассейне соответствует хребту Ломоносова по простиранию котловины Амундсена от зон сопряжения с противоледящими континентальными окраинами в северном направлении. В Амерзайском суббассейне хребет Альфа и сопряжённая с ним система блоков, а также поднятие Норгуинд являются границей континентального склона в Канадской котловине. Провинция хребтов и поднятий представляет единую орографическую систему батального диапазона глубин, положительные формы рельефа которой непрерывны по простиранию от зон сопряжения с окраинами в северном направлении.

Г л а в а 4

БАЗА БАТИМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ОСНОВАНИЯ ВНЕШНЕЙ ГРАНИЦЫ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА РОССИИ В АРКТИКЕ

В соответствии с требованиями Конвенции для методических разработок по определению базовых параметров ВГКШ кроме орографической и батиметрических карт необходимо также база батиметрических данных, в основу которой положены результаты промера.

В основу базы батиметрических данных положены глубины планшетов промера в проекциях: нормальная проекция Меркатора; потерянная проекция Меркатора и нормальная стереографическая проекция. Положение отметок глубин получено в результате оцифровки в условиях прямоугольных координатах. Для каждого планшета прямоугольные

координаты составляют единое поле с единым началом отсчёта. Оцифровка планшетов выполнена с точностью 1 мм.

Полный объём базы батиметрических данных России представляет собой взаимосвязанную сеть измерений глубин, необходимую для разномасштабного картографирования и реализации требований Конвенции.

Определение основных параметров ВГКШ по материалам промера показало, что для методических разработок и последующих операций с батиметрическими данными по определению зоны юрисдикции России, достаточно ограничиться минимальным объёмом глубин значимой батиметрической зоны континентальной окраины, необходимой для опреледеления положения изобаты 2500 м и подложки континентального склона (рис. 1). Значимая батиметрическая зона, расположенная на континентальной окраине (от континентального склона до абиссальной равнины), представлена систематическим точечным и частично эхолотным промером с подводных лодок с различной для Евразийского и Амеразийского суббассейнов плотностью измерений глубин от 5 до 27 км.

Математическое ожидание m , расстояния s между соседними отметками глубин для всей значимой батиметрической зоны составило $m_s = 11$ км, при среднем квадратическом отклонении $\sigma_s = 4,34$ км.

СКИ положения глубин за счет погрешностей координирования (σ_m), вычисленное по данным материалов полевых исследований в Северном Ледовитом океане, для значимой зоны составило $\sigma_m = 0,91$ км.

Погрешность получения географических координат глубин по результатам оцифровки планшетов промера не превышает 1 мм, что в масштабе планшета соответствует $\sigma_c = 0,5$ км.

Общая оценка погрешности местоположения глубин значимой батиметрической зоны определяется величиной:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_m^2 + \sigma_c^2} = \sqrt{0,91^2 + 0,5^2} = 1,04.$$

В соответствии с требованиями Конвенции и рекомендациями Руководства Комиссии параметры внешней границы континентального шельфа определяются на двухмерных батиметрических профилях, ориентированных по нормали к изобатам. Для этой цели разработана система профилей с использованием батиметрической и орорафической карт, а также базы батиметрических данных Арктического бассейна [Юр格拉фическая карта..., 1995; Рельеф дна..., 1999; Фридман, 2007].

База батиметрических данных (в том числе и в значимой батиметрической зоне) представлена нерегулярной сетью глубин и для математического

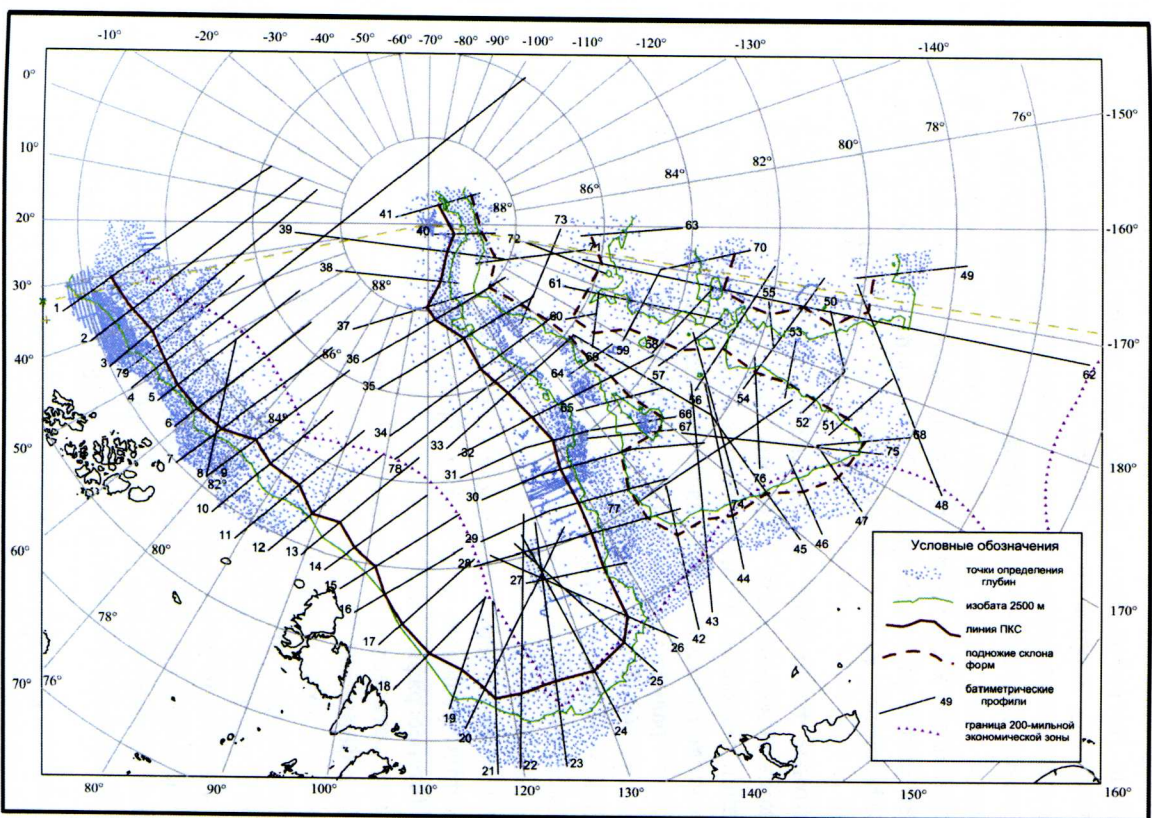


Рис. 1. Гидрографическая изученность Арктического бассейна в значимой батиметрической зоне для определения ПКС, изобаты 2500 м и ВГКШ России [Геоморфологические аспекты..., 2005; Фридман, 2007]

моделирования по определению базовых параметров границы на каждой линии профиля рассчитаны географические координаты последовательности точек, отстоящих на заданном постоянном расстоянии ($s = 2500$ м) друг от друга.

Значимая батиметрическая зона расположена в высоких широтах и в районе географического полюса, где применение географических (геодезических) координат в алгоритмах интерполяции затруднено. По этой причине координатное поле значимой зоны представлено прямоугольными координатами картографической проекции для решения следующих задач: пересчет глубин значимой батиметрической зоны в прямоугольные координаты проекции, расчет прямоугольных координат точек батиметрических профилей с заданным шагом и их перерасчет в географические, расчет глубин в точках профилей методом интерполяции.

Известные требования, предъявляемые к картографической проекции, в контексте решаемой проблемы, включают минимальность искажений длин, площадей и направлений (углов) в пределах изображаемой географической области и для реализации поставленной задачи принята нормальная равноугольная (стереографическая). Стереографическая проекция при достаточном малых искажениях длин обладает также свойством равноугольности (конформности) и по этой причине использована для батиметрических карт России.

Таким образом в качестве координатного поля расчетов при обработке глубин значимой батиметрической зоны и батиметрических профилей приняты прямоугольные координаты нормальной равноугольной азимутальной (стереографической) проекции, определяемой известными формулами математической картографии [Павлов, 1974].

По этим формулам географические координаты глубин значимой батиметрической зоны преобразованы в прямоугольные координаты проекции. Для расчета прямоугольных координат точек батиметрических профилей с заданным шагом (2,5 км) географические координаты начальной и конечной точек профиля ($\Phi_0, \lambda_0, \Phi_n, \lambda_n$) преобразованы в прямоугольные координаты принятой проекции (x_0, y_0, x_n, y_n).

Расчеты прямоугольных координат для необходимого числа i точек профиля выполнены по известным формулам геометрии на плоскости:

$$x_{i+1} = x_i + 2500 \sin t; \quad y_{i+1} = y_i + 2500 \cos t;$$

$$t = \arctg \frac{x_i - x_0}{y_i - y_0}.$$

По результатам вычислений получена сеть батиметрических профилей с регулярным положением точек на линиях профилей для последующего вычисления глубин в этих точках методами интерполяции.

Глава 5

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ БАЗОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНЕЙ ГРАНИЦЫ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА РОССИИ В АРКТИКЕ

Конвенцией установлены базовые батиметрические и геоморфологические параметры внешней границы континентального шельфа, которые определяются на континентальной окраине по результатам математического анализа глубин двухмерных батиметрических профилей. Значимая батиметрическая зона представлена нерегулярной сетью глубин систематического точечного и эхолотного (с подводных лодок) промера, в которой расстояния между измеренными глубинами в зависимости от форм и их батиметрического уровня составляют от 2 до 14 км в Евразийском и до 27 км в Амеразийском суббассейнах. Анализ батиметрических данных показал, что границы склона, подножия и абиссальной равнины определяются изменением угловых характеристик по простиранию профиля окраины от $10' - 15'$ на внешней границе подножия (при средних углах наклона дна его фоновой поверхности $25' - 30'$) до $40' - 50'$ и более на границе подножия с континентальным склоном. Эти морфометрические характеристики континентальных окраин Арктического бассейна приняты за основу определения подножия континентального склона.

5.1. Методика составления цифровых батиметрических профилей

Для определения положения параметров ВГКШ на континентальной окраине по простиранию каждого профиля рассчитаны географические координаты последовательности точек, отстоящих друг от друга на 2500 м. При расчете координат точек за линию профиля принималась дуга большого круга шара с радиусом $R = 6395956$ м. При таком радиусе относительные искажения длин на шаре по отношению к эллипсоиду в широтах $70^\circ - 90^\circ$ не превышают $\pm 0,0006$ м.

Значения глубин каждой точки профиля рассчитаны интерполяцией по ближайшим окружающим глубинам значимой батиметрической зоны [Геоморфологические аспекты..., 2005; Фришман, 2007]. Нами предлагается принять за основу простейший метод линейной интерполяции по 4 ближайшим точкам. Этот метод близок к технологии ручной

интерполяции, применяемой при составлении морских карт. Метод позволяет для каждой интерполированной глубины установить однозначное соответствие с четырьмя измеренными глубинами промера.

5.2. Методика определения положения подножия континентального склона

Для определения положения подножия континентального склона батиметрический профиль представлен графиком функции $z = f(x)$, где z — глубина, x — расстояние от начальной точки вдоль линии профиля. В каждой точке профиля вычисляются последовательности значений изменения dh уклона дна и строятся соответствующие графики. Вычисление значений dh в угловых минутах выполняется по формуле:

$$dh'_i = \left[\arctg \frac{z_{i+1} - z_i}{\Delta x} - \arctg \frac{z_i - z_{i-1}}{\Delta x} \right] \cdot \rho',$$

где z_i — глубина в точке i профиля, выраженная в метрах (отрицательная величина); Δx — постоянный интервал между точками профиля в метрах; $\rho' = 3437,75$ — значение радиана в минутах.

Изменение уклона дна выражается в угловых единицах.

Для анализа результатов вычислений и определения ПКС строится график значений dh . Профиль дна, построенный по точкам глубин, представляется кривую, состоящую из отрезков прямых (2,5 км), с переменным наклоном в каждой i -й точке профиля. Это объясняется наличием незначительных аккумулятивных форм и случайными погрешностями исходных глубин, по которым выполнялась интерполяция в точки профиля. На графике значений изменения уклона дна dh усиливается эффект расчлененности рельефа и график имеет сложный вид с многочисленными локальными максимумами на значительном протяжении профиля, что затрудняет его анализ с целью выбора точки подножия континентального склона (рис. 2). Среднее квадратическое значение

$$\sigma_{dh} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n dh_i^2}{n-1}}$$

величин dh , полученных в точках профиля, может быть принято в качестве количественной оценки степени расчлененности профиля, представленного линией $z = f(x)$.

Для устранения такой неопределенности при обработке и анализе батиметрических данных применяется сглаживание профилей методом “скользящего среднего”, с интервалом осреднения f , равным нечетному числу последовательно расположенных точек. В данном случае для уменьшения погрешности определения исходной границы принят минимальный интервал фильтрации $f = 3$ (7,5 км). При последовательном смещении интервала на одну точку, значение глубины в центральной точке интервала заменяется средним арифметическим из всех глубин интервала, что дает в результате сглаженную последовательность глубин профиля. Эта процедура повторяется неоднократно ($i = 0, \dots, M$), увеличивая с каждым разом степень сглаживания профиля.

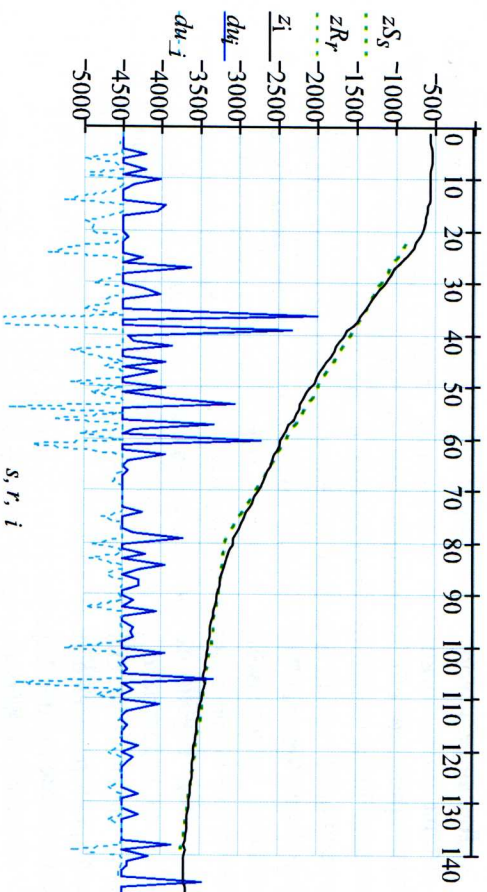


Рис. 2. Изменение уклона дна по профилю, без сглаживания

По результатам сглаживания профиля определяются:

- 1) последовательность разностей $\Delta z_i = z'_i - z_i$ сглаженных и исходных глубин профиля;
- 2) параметры сглаживания — среднее квадратическое $\sigma_{\Delta z}$ и среднее $m_{\Delta z}$ отклонения сглаженного профиля от исходного по формулам:

$$\sigma_{\Delta z} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta z_i^2}{n-1}};$$

$$m_{\Delta z} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta z_i}{n},$$

где n — число точек профиля [Геоморфологические аспекты..., 2005; Фридман, 2007].

Сглаживание профиля вне зависимости от используемых математических методов приводит к следующим результатам:

- параметр сглаживания $\sigma_{\Delta z}$ должен заметно отличаться от нуля, показывая, что получена новая линия $z_{\text{СПГ}} = f(x)$, отличная от исходной;
- параметр сглаживания $m_{\Delta z}$ должен быть близок к нулю, свидетельствуя о том, что полученная сглаженная линия занимает некоторое среднее положение между точками исходного профиля, т. е. является генерализованным отображением профиля;

— показатель “расчлененности” $\sigma_{\text{дн}}$ должен уменьшиться, т. е. полученная линия должна быть действительно более гладкой по отношению к исходной.

Для определения необходимого количества итераций во избежание потери морфологической информации следует использовать естественный критерий, обусловленный уровнем “помех” на фоне полезных сигналов. Если параметр сглаживания $\sigma_{\Delta z}$ не превышает величины погрешности глубин в точках профиля $\sigma_{zр}$, это означает, что сглаженный профиль “очищен” от помех и представляет формы рельефа с достоверностью, определяемой частотой исходных батиметрических данных. С учетом погрешностей интерполяции средняя квадратическая погрешность $\sigma_{zр}$ глубин на профиле составляет около 0,5 % глубины, что для области вероятного расположения подножия континентального склона даёт около 20 м. Оценка этой погрешности достаточно подробно рассмотрена работами А. И. Сорокина и расчёты показали, что в Арктическом бассейне она порядка 20 м [Сорокин, 1972].

Однако по результатам сглаживания профиля локальные максимумы различной амплитуды установлены в широком диапазоне зоны сопряжения склона с подножием, на протяжении более 100 км, что объясняется наличием аккумулятивных форм. Даже при стандартных параметрах сглаживания ($f = 3$ и $N = 5$) и соблюдении соотношения $\sigma_{\Delta z} \leq \sigma_{zр}$ однозначный выбор локального максимума, соответствующего положению подножия континентального склона, невозможен. Для точного определения искомого параметра необходима локализация основания континентального склона [Фридман, 2007].

Поверхность склона, подножия и прилегающей абиссальной равнины осложнена аккумулятивными формами, нивелирующими границу склона и подножия. Однако несмотря на наличие этих форм, фоновые поверхности склона и подножия определяются генеральными простираниями этих элементов на профиле. Для этой цели по данным цифрового профи-

ля разработан алгоритм, в основу которого положена аппроксимация частей профиля, представляющих континентальный склон и континентальное подножие, прямыми линиями. Графики, аппроксимирующие континентальный склон и континентальное подножие, позволили локализовать зону основания континентального склона до 25 км, в пределах которой положение доминирующего максимума, соответствующего подножию континентального склона, определяется однозначно. Изменение уклона дна (от 10'—15' на подножии до 1°—4° на склоне) показывает смену угловых характеристик в искомой точке параметра. Результаты такого анализа глубин значимой батиметрической зоны представлены на рис. 3.

5.3. Подножие континентального склона в Арктическом бассейне

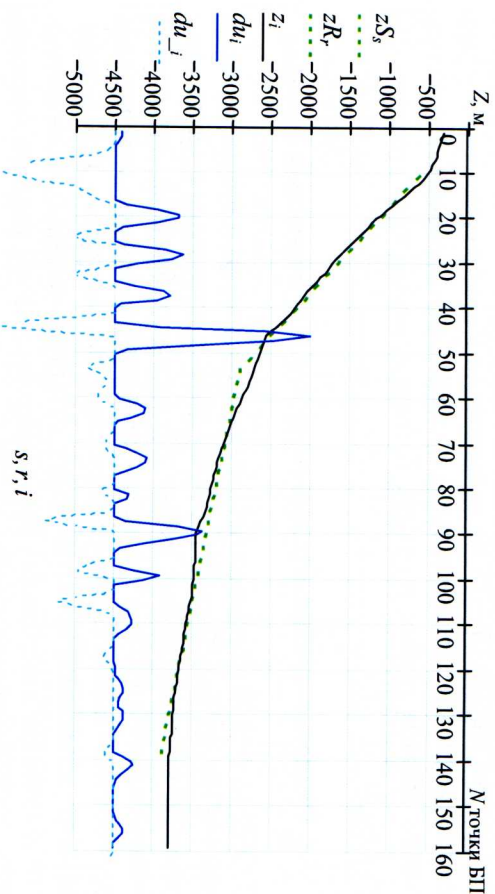
Результаты геоморфологического анализа рельефа и математического анализа глубин базы батиметрических данных установили существенные различия континентальных окраин Арктического бассейна. Эти выводы подтверждаются также и трёхмерными моделями рельефа, основанными на известных методических разработках А. М. Бердянта и Б. Б. Серапинаса, представляющими оптимальное сочетание наглядности, метричности и точности изображения разнопорядковых форм рельефа [Верянт, 1978; 2006; Прохорова, Серапинас, 2006 и др.].

В Евразийском суббассейне анализ глубин Баренцево-Карской континентальной окраины выполнен на 18 цифровых батиметрических профилях. Континентальный склон имеет вогнутый профиль переменной крутизны и расчленён каньонами, образующими в основании конусы выноса и аккумулятивные формы более мелкого порядка. Результаты анализа профилей показали, что изменение глубины подножия континентального склона по простиранию континентальной окраины происходит в диапазоне глубин от 2800 до 3500 м. Континентальное подножие расположено на полого-наклонной равнине с углами наклона дна от 9' до 22'. Угол наклона дна подножия континентального склона изменяется по простиранию окраины от 55' до 4°30'. Локализация основания континентального склона позволила однозначно определить положение доминирующих локальных максимумов, соответствующих точке подножия континентального склона.

Лаптевоморская континентальная окраина характеризуется вогнутым гладким расчлещённым профилем, на котором по морфологическим признакам определить границу склона и подножия невозможно. Эта задача решена при математическом анализе глубин значимой батиметрической

Батиметрический профиль А07. Интервал между точками профиля 2,5 км.
 СКП глубин профиля, м: $\sigma_{zP} = 20$.
 Параметры сглаживания профиля, м: $N_n = 5$; $\max \Delta z = 61,9$; $m_{\Delta z} = 0,239$; $\sigma_{\Delta z} = 12,98$.

Графики профиля и величин di изменения угла дна



Заданные номера точек ВП для линейной аппроксимации континентального склона (КС) и континентального подножия (КП):

$$S = 10, \quad R = 140.$$

Расчитанный номер точки профиля, локализующей положение основания континентального склона (ОКС):

$$N_{т.ОКС} = 53.$$

Номер точки профиля принимаемой за точку расположения ПКС:

$$N_{п.ПКС} = 62.$$

Среднее значение угла дна на КС: $\alpha_{КС} = 73'$.
 Среднее значение угла дна на КП: $\alpha_{КП} = 16'$.
 Информация по принятой точке ПКС:

№ т.ПКС	di'	λ	ϕ	$Z, м$	$D, км$
FCS = (62	7.3	65.701	83.374	2945	155)

Рис. 3. Определение подножия континентального склона Баренцево-Карской континентальной окраины в районе ЗФИ (профиль А-07)

зоны, который также однозначно определил границу склона и подножия, с углами наклона дна последнего $10' - 13'$ и склона — от $40'$ до $55'$.

Морфологические границы склона и подножия хребта Ломоносова в котловине Амундсена определяются однозначно, на глубинах от 4000 до 4300 м. На значительном протяжении хребта подножие не установлено и склон сопряжён с абиссальной равниной при изменении угла наклона дна от 1° и более. В рельефе здесь подножие выражено лишь в зонах сопряжения хребта с противоложащими континентами и представлено полого-наклонной равниной с углами наклона дна от $3'$ до $14'$.

Морфометрический анализ батиметрических данных провинции хребтов и подытий подтвердил выводы предыдущих исследований о существовании единой орографической системы провинции, элементы рельефа которой морфологически связаны между собой и противоложащими континентами в батимальном диапазоне глубин [Геоморфологические аспекты..., 2005]. Результаты многоцелевого анализа базы батиметрических данных показали, что в соответствии с общепринятыми геоморфологическими представлениями и положениями Конвенции, определение границы континентальной окраины для провинции в целом лишено смысла. Эти выводы подтверждены результатами исследования батиметрических профилей и трёхмерными моделями рельефа.

5.4. Оценка точности положения подножия континентального склона по батиметрическим данным систематического промера

Требования Конвенции не содержат каких-либо ограничений к точности промера и измерений глубин для определения внешней границы континентального шельфа. Однако, положение подножия континентального склона зависит от плотности промера. Анализ параметров гидрографической изученности показал, что плотность промера в диапазоне глубин подножия континентального склона для всей значимой батиметрической зоны колеблется от 4,8 до 27 км. Для всех профилей математическое ожидание m , расстояния s между соседними отметками глубин составило $m_s = 11$ км со средним квадратическим отклонением $\sigma_s = 4,34$ км. В процессе моделирования глубин значимой батиметрической зоны установлено, что средняя квадратическая погрешность σ_s положения подножия континентального склона, найденного по сети точек зондирования со средним расстоянием S , составит $\sigma_1 = \frac{S}{2\sqrt{3}}$. Для $S = 11$ км получим $\sigma_1 = 3,18$ км. Такова средняя квадратическая погрешность положения подножия континентального склона за счет средней величины расстояния между отметками глубин значимой батиметрической зоны.

Для оценки влияния погрешности планового положения глубин на определение подножия континентального склона систематизированы результаты точности определения местоположения глубин на районы определения этого параметра границы. По результатам вычислений установлено среднее значение средней квадратической погрешности места глубин (σ_m) для всей линии подножия континентального склона: $\sigma_m = 0,91$ км.

При составлении базы батиметрических данных средняя квадратическая погрешность глубин, снятых с планшетов промера масштаба 1:500 000, не превышает 1 мм, что определяется погрешностью $\sigma_g = 0,5$ км. Таким образом, влияние этих погрешностей на положение подножия континентального склона оценивается величиной

$$\sigma_2 = \sqrt{\sigma_m^2 + \sigma_g^2} = \sqrt{0,91^2 + 0,5^2} = 1,04 \text{ км.}$$

Положение подножия континентального склона на батиметрических профилях определялось по равноотстоящим (на 2500 м) точкам, что предопределяет дополнительную погрешность σ_3 , природа которой аналогична погрешности σ_1 и, следовательно, её величина составит $\sigma_3 = \frac{2,5 \text{ км}}{2/\sqrt{3}} = 0,72$ км [Вентцель, 1964]. Величина этой погрешности в четыре раза меньше величины σ_1 , что подтверждает правильность соотношения выбранного для точек профилей шага 2,5 км с частотой отметок глубин.

Для оценки влияния принятого метода математического анализа батиметрических профилей на точность определения подножия континентального склона, в дополнение к стандартным параметрам сглаживания, все батиметрические профили были обработаны с помощью худшими параметрами: $f = 5$ и $N = 3$. Расхождений в положении локальных максимумов, принятых в дальнейшем за искомые точки, только в 3 случаях составили 2 интервала (5 км), а во всех остальных случаях 0 или 1 интервал. Таким образом, если принять в качестве средней квадратической погрешности определения подножия континентального склона за счет метода обработки профилей величину $\sigma_4 = 2,5$ км, то это не будет завышением точности определения положения этого параметра.

Оценка общей погрешности точек подножия континентального склона под влиянием рассмотренных выше факторов определяется величиной немногим более 4 км:

$$\sigma_{\text{пкс}} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \sigma_4^2} = \sqrt{3,18^2 + 1,04^2 + 0,72^2 + 2,5^2} = 4,24 \text{ км.}$$

С учётом изменения угла наклона дна в точке сопряжения континентального склона с континентальным подножием от $40'$ до 2° и более, погрешность точек ПКС может достигать 5 км.

При этом необходимо заметить, что акриорная (по результатам точечного промера) и апостериорная (по результатам непрерывного эхолотирования) оценки точности глубин значимой батиметрической зоны, необходимые для математического анализа цифровых батиметрических профилей, достаточно близки (порядка 20 м).

5.5. Определение положения изобаты 2500 м

На батиметрической карте "Центральный Арктический бассейн", при постоянном сечении рельефа 200 м на глубоководную часть бассейна, для визуального отображения одного из ограничителей ВГКШ проведена дополнительная изобата 2500 м. При составлении батиметрической карты положение этой изобаты на континентальной окраине в пределах российского сектора Арктики откорректировано по цифровым батиметрическим профилям с плотностью промера значимой батиметрической зоны 7—10 км и каталогу координат изобаты 2500 м на континентальной окраине с относительным отстоянием смежных профилей не более 60 морских миль. Параметры гидрографической изученности, представленные выше, одинаковы для определения подножия континентального склона и изобаты 2500 м. В этом случае СКП положения изобаты 2500 м практически повторяет оценку точности ПКС, за исключением СКП метода обработки профилей.

Тогда, СКП положения глубин за счет погрешностей координирования (σ_m), вычисленная по данным материалов полевых исследований для значимой зоны, составила $\sigma_m = 0,91$ км.

Средняя квадратическая погрешность измерения глубин (σ_2) составляет 0,5 % от глубины, т. е. около 12,5 м в диапазоне глубин, необходимых для определения положения изобаты 2500 м. Средние углы наклона дна и на континентальном склоне в районе изобаты 2500 м порядка 2° . По этим данным вычислена СКП положения глубин σ_m за счет погрешностей их измерения:

$$\sigma_{m2} = \sigma_2 \cdot \text{ctg } \alpha \approx 0,66 \text{ км.}$$

Погрешность базы батиметрических данных за счёт опифровки планшетов промера не превышает 1 мм, что в масштабе планшета соответствует $\sigma_g = 0,5$ км.

Таким образом, оценка погрешности положения изобаты 2500 м в значимой батиметрической зоне определяется величиной:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_M^2 + \sigma_{M_i}^2 + \sigma_c^2} = \sqrt{0,91^2 + 0,66^2 + 0,5^2} = 1,23 \text{ км.}$$

ВЫВОДЫ

Основные результаты проведенного исследования — разработка научных основ целевого (в контексте требований Конвенции) картографирования для теоретического обоснования и практического решения важной проблемы: определения положения континентальной окраины и научно-методических разработок по определению ключевых параметров внешней границы юридического континентального шельфа России в Арктике на основе систематизации материалов отечественных гидрографических исследований, картографирования, а также базы батиметрических данных для районов континентальной окраины в пределах традиционного российского сектора Арктики в батиметрическом диапазоне основных параметров Конвенции ООН по морскому праву от 1982 г.

В ходе выполнения исследования получены следующие новые научные результаты научно-практического значения:

1. Составлена, отредактирована и издана батиметрическая карта "Центральный Арктический бассейн" (адмиралтейский № 91115), масштаба 1:2 500 000 на 4 листах, с сечением изобат через 200 м, а также разработана электронная версия карты, которая является основой для документального обоснования внешней границы континентального шельфа России в Арктике в Комиссии ООН по морскому праву.

Для развития фундаментальных исследований наиболее важны результаты картографирования пролива Фрам и прилегающих районов Шпицбергенко-Гренландской системы разломов — одного из самых сложных районов Арктического бассейна, для которого впервые подробно отображена специфика рельефа дна пролива и закартографирован подводный отрог Ермак, сопряженный с системой трогов долины Лены.

2. На основе сравнительного анализа батиметрических карт Арктического бассейна России и международной батиметрической карты ИВСАО устранены противоречия в изображении рельефа морского дна в районе пролива Фрам, хребтов Лаккеда, Ломоносова, Баренцево-Карской континентальной окраины, троговых долин и поднятий Америкзайского суббассейна, отрога Север и других форм. Важным результатом сравнительного анализа карт является отсутствие противоречий в изображении

рельефа континентальной окраины и зон сопряжения хребтов и поднятий с Евразией, в пределах российского сектора Арктики. Результаты сравнительного анализа карт и согласование рельефа необходимы для определения положения континентальной окраины Арктического бассейна и внешней границы континентального шельфа приарктических государств.

3. По результатам анализа систематического и маршрутного промера России разработана методика и создана база батиметрических данных Арктического бассейна с определением структуры цифровых данных и формата, соответствующего сохранению конфиденциальности материалов гидрографических исследований России.

4. Для математического моделирования глубин по определению основных параметров внешней границы континентального шельфа — подножия континентального склона и изобаты 2500 м с учетом специфики рельефа разработана система цифровых батиметрических профилей в пределах объема глубин значимой батиметрической зоны, расположенной на континентальной окраине, от континентального склона до абиссальной равнины.

5. Анализ результатов гидрографических исследований России по параметрам изученности (объёму, подробности промера и точности измерения глубин) позволяет утверждать, что они полностью соответствуют требованиям практического решения проблемы достоверного определения внешней границы континентального шельфа России в Арктике. Для определения базовых параметров внешней границы континентального шельфа России использован полный объём батиметрических данных отечественной гидрографии, который составляет около 40 тысяч измерений глубин со дна и более 92 тысяч линейных километров промера с подводных додок СКП положения глубин за счет погрешностей координирования (σ_M), по данным материалов полевых исследований в Арктическом бассейне составила $\sigma_M = 0,91$ км, при общей оценке погрешности местоположения глубин в районе определения базовых параметров внешней границы континентального шельфа России 1,04 км. Подробность промера в районах подножия континентального склона и изобаты 2500 м изменяется от 4,8 до 27 км, что сопоставимо с размерами аккумулятивных форм в зоне сопряжения склона с подножием. Измерения глубин сопровождались многоточными гидрологическими станциями, в результате чего погрешность глубин для всего массива данных не превысила 0,5 % глубины.

6. По результатам математического моделирования глубин значимой батиметрической зоны разработана методика математического анализа цифровых батиметрических профилей, методики фильтрации и сглаживания для определения изменения угла дна по простиранию профилей,

а для однозначного определения точки максимального изменения уклона дна, соответствующей подножию континентального склона, разработана методика локализации основания континентального склона до 25 км.

7. Погрешность положения точек подножия континентального склона на профилях определена с учётом СКП положения подножия континентального склона, найденного по сети точек зондирования со средним расстоянием $S = 11$ км в значимой батиметрической зоне ($\sigma_1 = 3,18$ км); общей погрешности местоположения глубин в районе определения базовых параметров границы ($\sigma_2 = 1,04$ км); погрешности определения равноотстоящих точек цифровых батиметрических профилей через 2,5 км ($\sigma_3 = 0,72$ км) и средней квадратической погрешности определения подножия континентального склона за счет метода обработки профилей $\sigma_4 = 2,5$ км. Общая погрешность подножия континентального склона в значимой батиметрической зоне (отКС) составила 1,04 км, однако с учётом поправки за наклон дна в зоне сопряжения склона с подножием, погрешность ПКС может достигать 5 км.

Погрешность положения изобаты 2500 м на континентальной окраине составляет 1,23 км.

8. Результаты исследования базы батиметрических данных позволяют утверждать, что в соответствии с геоморфологическими представлениями о батиметрическом положении границ пассивных континентальных окраин, в пределах российского сектора Арктики положение континентальной окраины установлено лишь в Евразийском суббассейне. Провинция хребтов и поднятий Американо-Азиатского суббассейна по батиметрическому уровню, морфометрическим характеристикам и геоморфологическим представлениям является естественным продолжением континентов в океан, аналогично протянутому Канадско-Датскому сопряжению провинции.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Монографии

1. Результаты гидрографических исследований и картографирование рельефа дна Арктического бассейна для определения внешней границы континентального шельфа России в Арктике. СПб.: Наука, 2007. 208 с.
2. Обязательная записка к картам Арктического бассейна: Ортографическая карта Арктического бассейна, Рельеф дна Северного Ледовитого океана. СПб., 1999. 39 с. (соавторы: И. С. Грамберг, И. Ф. Глумов, В. Д. Каминский, В. Д. Крюков, А. П. Макарова, Р. Р. Мурзин, Г. Д. На-

рышкин, А. Б. Опарин, Ю. Е. Погребликий, В. А. Поселов, В. А. Солодов, М. Ю. Сорокин, В. Д. Фомченко, И. Е. Фролов).

3. Геоморфологические аспекты внешней границы континентального шельфа России в Арктике. СПб.: ГУНПО МО РФ. 2005. 60 с. (соавторы: Г. Д. Нарышкин, А. А. Комарицын, А. В. Карвайский, Н. А. Нестеров, А. Б. Опарин).

Статьи, рекомендованные в журналах ВАК

4. В интересах науки и флота // Морской сборник. 2002. № 12. С. 111—118.
5. Результаты российских гидрографических исследований в международной базе батиметрических данных Северного Ледовитого океана // Геодезия и картография. 2006. № 11. С. 10—16.
6. Континентальная окраина Арктического бассейна в контексте базовых параметров внешней границы континентального шельфа России // Геодезия и картография. 2006. № 12. С. 10—21.
7. Гидрографические исследования России в Арктическом бассейне // Известия РАН, Сер. Географ. 2007. № 2. С. 1—6.
8. Карта рельефа дна Северного Ледовитого океана как основа многодекальных фундаментальных научных исследований и решения проблемы делимитации Арктического бассейна // Морской сборник. 2007. С. 38—42.
9. База батиметрических данных для определения ВГКШ России в Арктике // Геоинформатика. 2007. № 1. С. 15—22.
10. Методика определения подножия континентального склона в Арктическом бассейне для реализации требований Конвенции ООН по морскому праву // Геодезия и картография. 2007. № 3. С. 39—48.

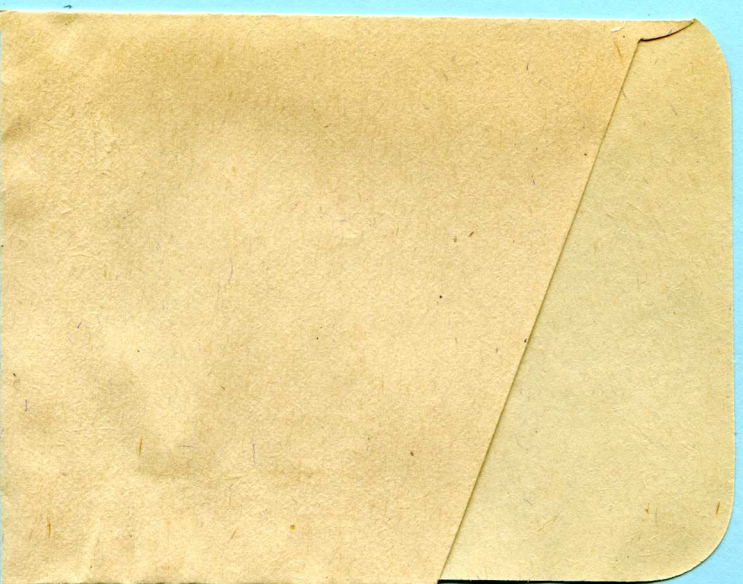
Карты и атласы

11. Национальный атлас России. МГРФ Федеральное агентство Геодезии и картографии. М., 2004. (Член ред. совета).
 12. Рельеф дна Северного Ледовитого океана. Масштаб 1:5 000 000. Проекция стереографическая. ГУНПО МО, ВНИИОкеангеология, РАН, СПб., 1998. (Коллективная монография).
 13. Центральный Арктический бассейн. Масштаб 1:2 500 000, но параллели 75°. Проекция стереографическая. СПб.: ГУНПО МО РФ. № 91115, 2002. (Главный редактор).
- Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000. (Главный редактор батиметрических основ геологической карты).

14. Листы геологической карты: Т-49, 50, 51, 52. 1999.
15. Листы геологической карты: Т-53, 54, 55, 56. 1999.
16. Листы геологической карты: Т-57, 58, 59, 60. 2000.
17. Листы геологической карты: Т-41, 42, 43, 44. 2003.

Статьи в сборниках, тезисы докладов и другие публикации

18. Vairu metu map of the Arctic Ocean, 1:5 000 000. III international conference on arctic meeting, Celle, 1998 (соавторы: И. С. Грамберг, Г. Д. Нарышкин, В. Д. Фомченко).
19. Гидрографические исследования России для определения внешней границы континентального шельфа России в Арктике. Тезисы 3-й Международной научно-практической конференции "Технологические аспекты и сферы их применения". М., 2007. С. 19—20.
20. Вопросы определения базовых параметров внешней границы континентального шельфа России в Арктике. Труды VI Российской научно-технической конференции "Современное состояние и проблемы навигации и океанографии". СПб.: ГНИНГИ, 2007. С. 13—16.
21. Автоматизированная обработка гидрографической информации // Записки по гидрографии. 1984. № 211. С. 13—17 (соавторы: Ю. Л. Васильев, В. В. Якушев).
22. Интегрированная автоматизированная картографическая система // Геодезия и картография. 1986. № 6. С. 50—53 (соавторы: Э. Н. Сverdlov, С. А. Шавров).
23. Электронные навигационные карты России как компонент системы обеспечения безопасности мореплавания // География Мирового океана и картографирование. Труды XI съезда РГО. СПб.: РГО, 2000. С. 108—111.
24. Коллекция морских электронных карт России – новое направление обеспечения безопасности мореплавания // Наука и техника: вопросы истории и теории. XXIII годовичная конференция Санкт-Петербургского отделения Российского национального комитета по истории и философии науки и техники. Выпуск XVIII. СПб., 2002. С. 131—132 (соавтор А. А. Хребтов).
25. Электронная картография гидросферы планеты Земля в XXI веке // Труды XII съезда РГО. Т. 6. СПб., 2005. С. 13—17.
26. Предисловие к книге А. О. Бринкена, учёного секретаря РГО, доктора географических наук: "Оволение ресурсов нефти и газа норвежского континентального шельфа". СПб.: ОАО, изд. "ГеоГраф", 2004. С. 3—7.



Подписано в печать 30.01.2008.
Объем 2,0 усл. л. л.
Тираж 100 экз. Заказ № 231.
Отпечатано в ООО «СЕРЕНАДА»
195267, СПб, Гржанский пр., д. 114