

II. Изучение и освоение природных ресурсов

УДК 656.6;551.46;347.79

Решение проблемы делимитации Арктического бассейна по результатам гидрографических исследований

*Г.Д. Нарышкин, доктор географических наук,**Б.С. Фридман, доктор географических наук,**ФГУП ЦЕНТР «Севзапгеоинформ»;**С.П. Алексеев, доктор технических наук, профессор,**А.В. Костенич, кандидат технических наук,**ОАО «ГНИНГИ»;*

В работе рассмотрены результаты отечественных гидрографических исследований по определению внешней границы континентального шельфа (ВГКШ) России в Арктике в соответствии с требованиями Конвенции ООН по морскому праву 1982 г. Основное направление исследований – морфологический и морфометрический анализ батиметрических данных для обоснования положения континентальных окраин Арктического бассейна и определения базового параметра ВГКШ – подножия континентального склона.

Освоение минеральных ресурсов Мирового океана привело к необходимости выработки договорных норм, регулирующих все международные аспекты морского пространства, в том числе и делимитацию акваторий прибрежными государствами.

В 1982 году на третьей Конференции ООН по морскому праву в Женеве принята Конвенция, положениями которой установлен перечень морских границ целевого назначения: территориальные воды; прилежащая зона; исключительная экономическая зона и внешняя граница континентального шельфа (ВГКШ). Первые три границы являются метрическими и определяются относительно единого базового параметра – исходных линий на удалении – 12 морских миль, 24 морских миль и 200 морских миль, соответственно [8].

Внешняя граница юридического континентального шельфа в соответствии с требованиями 76 статьи Конвенции определяется на континентальной окраине прибрежных государств, в том случае, когда континентальная окраина простирается мористее границы исключительной экономической зоны (далее 200 морских миль от исходных линий). Реализация требований Конвенции, научные и технические аспекты решения проблемы делимитации акваторий прибрежными государствами рассмотрены документами Комиссии ООН по морскому праву в 1993 и 1999 г.г. [11,24].

ВГКШ определяется на континентальной окраине прибрежных государств и «...термин «...континентальная окраина» использовался Конвенцией в его геоморфологическом смысле.», т.е. состав континентальной окраины включает: континентальный

шельф, континентальный склон и континентальное подножие, что и представлено параграфом 1 статьи 76 Конвенции 1982 года [8].

Это определение континентальной окраины и последующие определения базовых параметров ВГКШ, представленные документами Конвенции, «...устанавливают связь между континентальным шельфом, как юридическим понятием, и континентальной окраиной, как геоморфологическим понятием.» [11,24].

Предметный анализ требований Конвенции показал, что в основу определения ВГКШ положен рельеф дна – как наиболее чувствительный индикатор геологических процессов глубинных слоёв литосферы, их прямое и непосредственное отражение на поверхности Земли. Действительно, из всех существующих потенциальных полей Земли рельеф дна является единственным объективным полем, полученным прямым и непосредственным измерением глубин, в результате чего исследование и картографирование разнопорядковых форм подводного рельефа по результатам геоморфологического анализа батиметрических данных проводится объективно, вне зависимости от привязанности ряда специалистов к каким-либо субъективным расчётным интерпретационным моделям рельефа, основанным более всего на результатах неоднозначных геофизических исследований.

Следуя требованиям Конвенции, ВГКШ определяется в основании континентального склона (ОКС), на континентальном подножии, или абиссальной равнине, относительно и мористее базового параметра ВГКШ – подножия континентального склона (ПКС): в точке, на удалении 60 морских миль от ПКС или в точке где толщина осадочных пород составляет по крайней мере 1% кратчайшего расстояния от этой точки до ПКС [8,11,24]. Таким образом, подножие континентального склона (базовый гидрографический и геоморфологический параметр ВГКШ) является началом отсчёта для определения фиксированных точек юридических границ расширенного континентального шельфа прибрежных государств. Требованиями Конвенции «...подножие континентального склона определяется как точка максимального изменения уклона в его основании» [8]. В соответствии с п. 5.1.3. Руководства Комиссии 1999 г. для определения зоны основания континентального склона необходима разработка математической методики, основанной на базе батиметрических данных, с последующим геоморфологическим анализом полученных результатов [11]. Положение точки ПКС может быть получено по результатам математического анализа базы батиметрических данных. При этом пунктом 5.4.6 Руководства Комиссии рекомендовано ОКС определять «...на основе морфологических и батиме-

трических данных...», а в соответствии с пунктом 5.2.1 – для определения ПКС «...будет использоваться только батиметрическая информация». Особое внимание Конвенции уделено континентальному подножию, исключение которого из состава континентальной окраины «...не совместимо как с принятым научным определением, так и с понятием естественного продолжения части суши.» [24]. В соответствии с представлением Гардинера, континентальное подножие является элементом рельефа континентальной окраины, на котором определяются результирующие точки ВГКШ мористее ПКС, в зависимости от мощности осадочного чехла. В рельефе континентальное подножие представлено осадочным чехлом континентальной окраины, наложенным одновременно на склон и абиссальную равнину и расположено в области максимальной аккумуляции осадков с образованием разнопорядковых аккумулятивных форм, значительно влияющих на положение базового параметра ВГКШ – ПКС в зависимости от регионального режима седиментации.

Требования Конвенции однозначно определяют направления исследований для решения проблемы ВГКШ прибрежных государств, наиболее важным из которых является геоморфологический анализ результатов гидрографических исследований по обоснованию и определению положения континентальной окраины с позиции общеизвестных геоморфологических представлений о континентальных окраинах, в том числе и батиметрическом положении её границ. Второе направление предусматривает разработку комплекса методик, математического и геоморфологического анализа результатов гидрографических исследований для определения ОКС, базового параметра (ПКС) и ограничительного критерия ВГКШ (изобата 2500 м + 100 морских миль) на континентальной окраине с учётом региональной специфики рельефа, режима седиментации акватории в целом и в основании континентального склона [8,11].

Анализ гидрографической изученности Мирового океана показал, что к настоящему времени накоплен достаточно большой объём батиметрических данных, которые положены в основу многоцелевых исследований и составления разномасштабных морских карт, в результате чего реализация требований Конвенции на значительной площади океана достаточно простая задача. Исключением является Арктический бассейн Северного Ледовитого океана, специфика климатических условий которого ограничивала проведение гидрографических исследований и акватория бассейна долгое время оставалась «белым пятном» на карте Земли.

К настоящему времени по результатам широкомасштабных гидрографических исследований приарктических государств накоплена достаточно большая база батиметрических данных, позволяющая отнести Арктический бассейн к одному из наиболее изученных районов Мирового океана. По результатам исследований установлены основные особенности рельефа дна бассейна, составлены отечественные и зарубежные батиметрические карты различных масштабов, отображающие рельеф дна с различной степенью детализации, в зависимости от использованной специалистами базы данных [9,10,12-15,17-23,25-30].

В рельефе Арктический бассейн представляет собой замкнутую орографическую систему и по комплексу разнопорядковых форм состоит из Евразийского и Амеразийского суббассейнов в установленных ранее границах по хребту Ломоносова в котловине Амундсена. Это районирование подтверждается различием батиметрического уровня суббассейнов (Амеразийский «приподнят» на 500 м относительно Евразийского) и принципиальным различием их морфологии.

Акватория глубоководного Арктического бассейна ограничена непрерывной, по простиранию, бровкой шельфа на глубинах от 100 м до 400 м. Глубина бровки увеличивается до 600 – 800 м лишь в районе шельфовых желобов. Рельеф глубоководной акватории представлен торцевым сопряжением хребтов и поднятий с противолежащими континентами, что приводит к неоднозначному определению геоморфологических провинций бассейна, в том числе положения и границ континентальных окраин Евразийского и Амеразийского суббассейнов специалистами дискусионных геодинамических построений. Неоднозначность интерпретации рельефа по результатам объективных гидрографических исследований и популизм геодинамических представлений о развитии Арктического бассейна отражены и в Рекомендациях Комиссии ООН на заявку России 2001 года, которые противоречат тексту самой Конвенции и её Научно-Техническим Руководствам 1993 и 1999 годов.

В этой связи целесообразно представить наиболее важные результаты гидрографических исследований России с последующим геоморфологическим анализом по обоснованию положения континентальных окраин Арктического бассейна и определению положения базового параметра ВКГШ – ПКС на континентальной окраине, в соответствии с необходимым направлением исследований по делимитации бассейна и требованиями Конвенции.

Отечественные гидрографические исследования проведены на 80% площади глубоководной

акватории Арктического бассейна, по результатам которых выполнен многоцелевой анализ батиметрических данных, составлены подробные орографическая и батиметрические карты масштабов 1:2500000 и 1:5000000 [10,12-15,17-21]. Морфологический и морфометрический анализ батиметрических данных позволил определить положение континентальных окраин бассейна и батиметрическое положение их границ, соответствующее общепризнанным средним значениям для пассивных континентальных окраин Мирового океана. По результатам исследований установлены также границы и морфометрические характеристики элементов континентальной окраины (континентальный склон, континентальное подножие), соответствующие средним значениям этих границ на пассивных континентальных окраинах Мирового океана. Геоморфологический анализ отечественных батиметрических данных в Арктике и картографирование проведены в контексте требований Конвенции, соответствующих известным представлениям отечественных и зарубежных специалистов о пассивных континентальных окраинах. Подробно рассмотрены границы континентального склона с континентальным подножием (ПКС), континентального подножия с абиссальными равнинами и положение континентального подножия по простиранию континентальных окраин. Установлено также образование аккумулятивных форм в ОКС (характеристики которых необходимы при математическом моделировании по определению базового параметра ВКГШ – ПКС), параметры которых зависят от режима седиментации и имеют существенные региональные различия.

В Евразийском суббассейне срединно-океанический хребет Гаккеля относительно симметрично разделяет суббассейн на котловины Нансена и Амундсена, расположенные на разных батиметрических уровнях, что объясняется различием режима седиментации в котловинах, и определяет батиметрическое положение и морфологические границы континентального склона (ПКС), континентального подножия и границы последнего с абиссальными равнинами.

При относительно равномерном распределении осадочного чехла с Лаптевоморской окраины в котловины, режим седиментации в котловине Нансена значительно выше за счёт поступления осадков по шельфовым желобам Баренцево-Карской окраины. В результате повышенного режима седиментации и относительно небольшой ширине котловины северо-западного простирания, континентальное подножие в котловине Нансена установлено на большей части котловины с углами наклона дна 20' – 25'. Для этого района континентальной

окраины характерно также образование мощных конусов выноса (шириной до 200 км) и нивелирование рельефа в ОКС аккумулятивными формами высотой до 40 м – 50 м, сечением 30 км – 50 км, что значительно осложняет определение базового параметра ВГКШ – ПКС, даже при рекомендуемой Конвенцией «фильтрации и сглаживании». В то же время, наличие таких значительных аккумулятивных форм на границе континентальной окраины приводит к необходимости определения ПКС с дискретностью не 60, а 5 – 10 морских миль по простиранию окраины для более корректного определения этой морфологической границы окраины.

В котловине Амундсена континентальное подножие в рельефе контролируется срединно-океаническим хребтом Гаккеля и хребтом Ломоносова при углах наклона дна 20' – 25'. Значительная часть хребта Ломоносова в котловине Амундсена лишена подножия и склон хребта с углами наклона дна от 2° и более, сопряжён с абиссальной равниной на глубинах 4200 м – 4300 м. Анализ батиметрических данных показал, что для зоны ОКС в этой котловине характерно наличие относительно небольших аккумулятивных форм (высотой 10 м – 15 м, при сечении не более 10 км), размеры которых не оказывают существенного влияния на определение ПКС.

Батиметрические профили в крест простирания континентальной окраины Евразийского суббассейна (в том числе и хребта Ломоносова) позволили установить положение границы континентальной окраины суббассейна в диапазоне глубин от 3600 м до 4300 м, а подножие континентального склона – от 2700 м до 4280 м [10,19]. Причина столь широкого батиметрического диапазона границ континентальной окраины объясняется спецификой рельефа (торцевое сопряжение хребтов Гаккеля и Ломоносова с Лаптевоморской окраиной) и увеличением мощности осадочного чехла от Лаптевоморской окраины в направлении о. Гренландия, в результате чего глубина ПКС увеличивается в этом же направлении на 1200 м в котловине Амундсена и на 1000 м в котловине Нансена. Тем не менее, среднее значение глубины ПКС в суббассейне составило 3420 м [19]. Результаты исследований соответствуют представлениям отечественных и зарубежных специалистов о батиметрическом положении границ пассивных континентальных окраин. Работами Хейзена Б., Шепарда Ф., Фейбриджа Р., Кеннета Дж., Удинцева Г.Б., Ильина А.В., Канаева В.Ф., Дибнера В.Д. и других известных 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, где установлено изменение угла наклона дна (до 5' – 10') при исследовании профиля от абиссальной равнины в направлении континентального склона, а наклон дна континентального подножия не превышает 25' – 30' [5-7,16,22,28]. Далее, в направлении бровки шельфа, континентальный склон сопряжён с континентальным подножием в зоне основания континентального склона на глубинах более 3500 м, с углами наклона дна порядка 1° и более, что, по мнению Кеннета Дж., соответствует границе батиальных и абиссальных зон Мирового океана и средней высоте континентального склона пассивных континентальных окраин [7]. Указанный батиметрический диапазон границы пассивных континентальных окраин соответствует и документам Конвенции [8,11].

Специфика рельефа дна Амеразийского суббассейна является основой противоречий специалистов о происхождении и развитии Арктического бассейна с позиции различных геодинамических построений. В рельефе Амеразийского суббассейна установлены две провинции – относительно однородная по строению Канадская котловина с глубинами, не превышающими 3900 м, и провинция хребтов и поднятий, представляющая систему противоположных по знаку, непрерывных по простиранию форм, морфологически связанных между собой и противолежащими континентами в батиальном диапазоне глубин [10,12-14]. По комплексу форм и батиметрическому положению в пределах этой единой орографической системы выделяются краевое поднятие (хребет Ломоносова) и система поднятий, состоящая из хребта Альфа и поднятий Менделеева, Чукотского, Нуртуинд, сопряженных с впадинами Менделеева, Чукотской и Стефансона (рис. 1). Обе системы поднятий разделены депрессией, представленной в рельефе впадинами и террасами субмеридианального простирания: Подводников – Макарова – безымянная, с последовательным увеличением батиметрического уровня на 500 м в северном направлении.

Краевое поднятие (хребет Ломоносова) в рельефе представлено непрерывной по простиранию системой четырех блоков, батиметрический уровень поверхности которых увеличивается от противолежащих континентов в северном направлении [10,12-14].

Хребет Альфа и поднятие Менделеева различны по морфологическому составу, комплексу форм и батиметрическому положению, что однозначно отображено на опубликованных картах России и противоречит замечаниям Комиссии ООН в Рекомендациях на заявку России 2001 года [10,12-14]. Хребет имеет гребневую зону, состоящую из двух

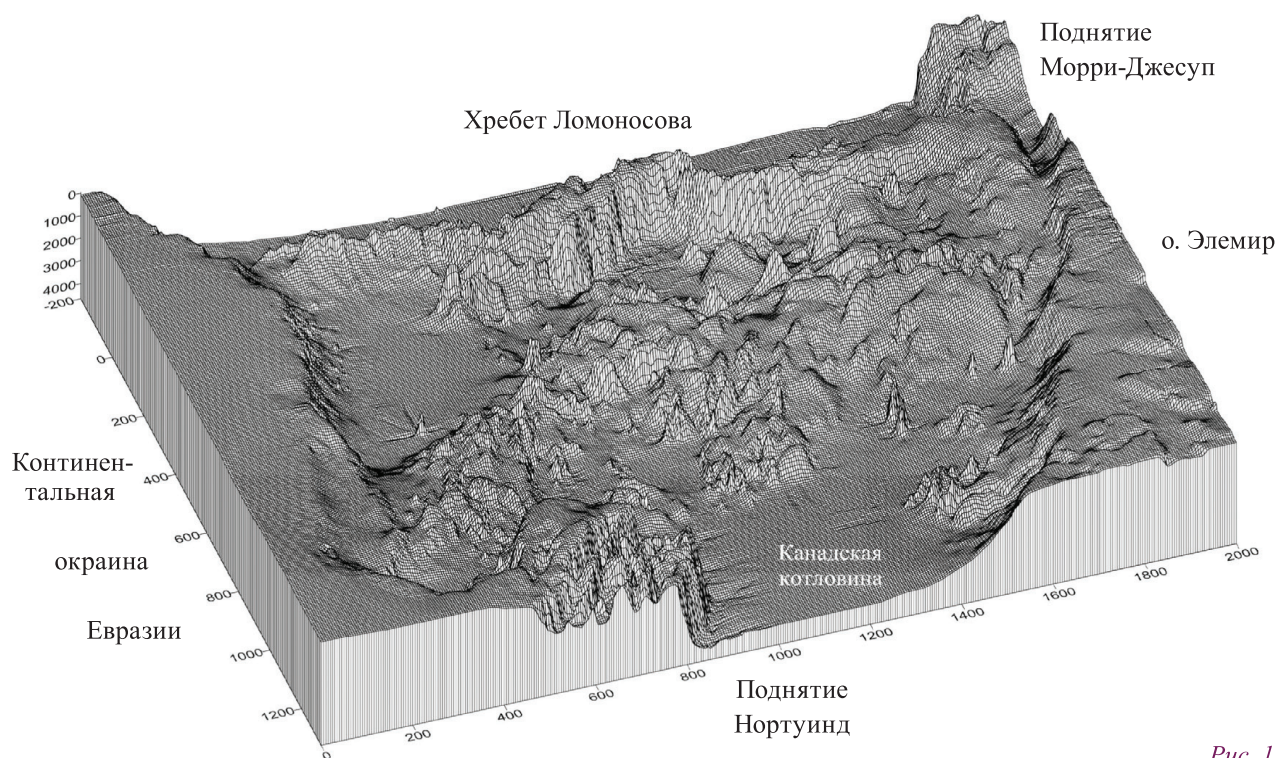


Рис. 1

Провинция хребтов и поднятий Амеразийского суббассейна [7]

трогов на глубинах 2000 м и 2600 м, ограниченных высокоамплитудными грядами на глубинах 1200-1400 м. Протяженность хребта не превышает 450 км при ширине 100-120 км. Сопряженные с хребтом поднятия, необоснованно включаемые западными специалистами в его состав, представляют разупорядоченную систему блоков различной пространственной ориентировки. Поднятие Менделеева представлено серией террас меридианального простирания, поверхность которых осложнена малоамплитудными изолированными формами. Для хребта Альфа и поднятия Менделеева характерно увеличение батиметрического уровня от противоположных континентов в северном направлении к долине, являющейся границей раздела хребта и поднятия [10,12].

Для определения положения континентальной окраины Арктического бассейна рассмотрим соотношение единой орографической системы провинции с противоположными континентами в зонах их торцевого сопряжения.

Морфометрический и морфологический анализ батиметрических данных, соответствующий орографической карте, выполнен по планшетах систематического промера масштаба 1:500000 и серии батиметрических профилей в крест простирания бровки шельфа с относительным отстоянием 25 – 30 миль. Результаты исследования показали, что зоны сопряжения провинции с противоположными

континентами представлены типичными краевыми плато в батиметрическом диапазоне глубин [10,12-14,17-21]. Однако интерпретировать эту форму сопряжения как краевое плато следует достаточно осторожно и в очень узкой зоне: от бровки шельфа до начала террасы плато, т.к. краевое плато в составе континентальной окраины предусматривает продолжение склона и последующее мористое окончание континентальной окраины (её границу) на абиссальной равнине, соответствующей этому диапазону глубин. При морфологическом и морфометрическом анализе глубин провинции таких форм рельефа континентальной окраины не установлено. При наличии тылового шва и террас на склоне таких форм, мористое их окончание в рельефе на провинции расположено в области батиметрических глубин и при этом окончание форм сопряжено с другими формами провинции в том же батиметрическом диапазоне глубин. В этом случае, отсутствие краевого плато на провинции, как формы рельефа, при наличии тыловых швов на склоне и погруженных относительно выровненных (углы наклона дна до 20' – 25') террас, является свидетельством единства этой орографической системы и одним из доказательств её естественного продолжения в океан. Именно по этой причине, в контексте требований Конвенции, необходимо рассматривать систему в комплексе, а не отдельные формы рельефа, что относится и к положению внешней границы континентальной окраины, которую даже по формальным

геоморфологическим признакам определить на провинции невозможно. Вероятно, эти зоны сопряжения следует рассматривать как погруженные континентальные террасы, которые таковыми и являются. Более детально результаты анализа рельефа дна этой провинции представлены опубликованными работами специалистов России с 2005 по 2009 гг. [17,19-21].

При сопряжении провинции с континентальной окраиной Евразии достаточно чётко фиксируются тыловые швы погруженных континентальных террас в зонах сопряжения хребта Ломоносова и поднятий Менделеева, Чукотского, Нортунд на глубинах 1750 м, 1000 м, 600 м и 1200 м, соответственно. Достаточно убедительно морфология погруженных континентальных террас в зонах сопряжения представлена трёхмерными моделями, где специфика рельефа кроме морфологии показывает и батиметрические особенности континентальных окраин [10,13,14,19].

В районе о.Элсмир хребты Ломоносова и Альфа морфологически связаны между собой погруженной континентальной террасой, которая является общим элементом рельефа хребтов, образуя единый, морфологически связанный блок. Следуя в субширотном направлении от котловины Амундсена до котловины Стефансона, на протяжении 350 км зона торцевого сопряжения этого блока с окраиной представлена чётко выраженным в рельефе тыловым швом с последовательным изменением глубин по простиранию от 1000 м до 1600 м. Профили дна, построенные с относительным отстоянием 25-30 миль по батиметрическим данным наглядно показывают, что на протяжении 200 км – 500 км в северном направлении зона сопряжения провинции с континентом в рельефе представляет погруженную, относительно пологую (порядка 20°) террасу батимального диапазона глубин, что не позволяет определять здесь границу континентальной окраины ни по морфологическим, ни по батиметрическим признакам в соответствии с общеизвестными представлениями о континентальных окраинах. Характеристика морфологии этой зоны сопряжения и её особенности отображены на орографической и батиметрических картах России. Связующая хребты обширная терраса, которая на склонах провинции хребтов и поднятий в котловины Амундсена и Канадскую осложнена высоко амплитудными наклонными долинами, серия террас, батиметрический уровень которых увеличивается в северном направлении, при этом западные и восточные границы террас представлены водоразделами хребтов, и многие другие особенности рельефа, достаточно наглядно отображены на трёхмерных моделях [10,17,19]. В соответствии с положениями Руководства Комиссии 1999 г. рельеф дна этой зоны сопряжения

является естественным продолжением континентов в океан. Русская депрессия в рельефе представлена впадинами и террасами батимального и абиссального диапазона глубин с последовательным увеличением батиметрического уровня на 500 м в северном направлении от противоположащих континентов [10,12-14]. Определяемые в работах впадины Подводников в рельефе не являются впадинами, как таковыми, а представлены террасами батимальных и абиссальных равнин на глубинах 2800 м и 3300 м. Исследование более 40 батиметрических профилей показало, что подножие Евразийского склона батимальной террасы расположено на глубинах 2400 м и по батиметрическому положению не является подножием континентального склона, как такового, среднее значение батиметрического уровня которого для Мирового океана (в том числе и в соответствии с Руководством 1999 г.) должно быть более 3500 м. По этой причине определение ПКС и последующие построения ВГКШ России в пределах этой террасы лишены смысла. Вероятно, к внешней границе континентальной окраины по формальному батиметрическому признаку может быть отнесён тыловой шов следующей в северном направлении абиссальной террасы на глубинах более 3300 м, с последующим продолжением абиссальных глубин в котловине Макарова. В этом случае, формальная внешняя граница континентальной окраины на провинции хребтов и поднятий включает котловину Макарова и абиссальную террасу Подводников, однако дальнейшие построения ВГКШ в этом районе, равно как и в пределах всей провинции, лишены смысла [10,12,19]. Выводы о естественном продолжении континентальных окраин в зонах сопряжения провинции с противоположащими континентами соответствуют пунктам 5.2.1, 5.4.4, 5.4.5, 7.2.9 и 7.2.10 Руководства Комиссии ООН 1999 г. [8,11].

Геоморфологический анализ результатов гидрографических исследований России позволил определить положение континентальных окраин Евразийского и Амеразийского суббассейнов [10,12-14,19]. Евразийский суббассейн ограничен континентальными окраинами: Баренцево-Карской, Лаптевоморской, Элсмирской, Гренландской и окраиной провинции хребтов и поднятий Амеразийского суббассейна (хребтом Ломоносова). В Амеразийском суббассейне континентальная окраина ограничивает Канадскую котловину.

Рельеф провинции хребтов и поднятий представляет единую орографическую систему батимального диапазона глубин, положительные формы рельефа которой непрерывны по простиранию от зон сопряжения с окраинами в северном направлении. В соответствии с п.п. 7.2.9. и 7.2.10. Руководства

Комиссии 1999 г. в отношении хребтов мнение Комиссии будет основываться «...на морфологии хребтов, их отношении к материковой окраине согласно п. 4, а также на непрерывности хребтов» [11]. Исходя из единства орографической системы провинции, это требование справедливо по отношению к провинции.

Результаты морфоструктурного анализа рельефа дна показали, что увеличение батиметрического уровня провинции от противолежащих континентов в северном направлении к зоне батиметрического максимума провинции определяет последнюю как границу Сибирско-Чукотского и Элсмирского континентальных выступов оседания, являющихся, по сути, континентальным продолжением в океан [12].

Однако, несмотря на объективность базовой батиметрической основы, замечания и выводы Рекомендаций Комиссии на заявку России 2001 года противоречат требованиям самой Конвенции и её документам 1993 и 1999 годов и характеризуются необоснованными замечаниями, искажением представленных Россией материалов. Результаты исследований России Комиссия расценивает «...как одну из многочисленных, весьма различающихся гипотез...». В то же время Комиссия утверждает: «Общепризнано, что в конце палеоцена хр. Ломоносова был в результате рифтинга оторван от Баренцево-Карского шельфа...». Комиссия предлагает «... для недвусмысленной классификации в контексте Конвенции каждого из поднятий дна Амеразийского бассейна критическим является тектонический характер границы..., а также такие важные факторы, как их геологическая природа и история формирования структуры.» Представленные отдельные замечания Комиссии ставят под сомнение либо установленные Конвенцией требования по обоснованию и определению ВГКШ, либо компетентность самой Комиссии.

Положения Конвенции предназначены для регулирования всех международных аспектов морского пространства на современной в географическом отношении акватории Мирового океана, где ВГКШ определяется на континентальной окраине, включающей континентальный шельф, континентальный склон и континентальное подножие, имеющих современные морфологические границы. Подножие континентального склона определяется в зоне сопряжения континентального склона с континентальным подножием, представленных современным осадочным чехлом. Исходя из современного положения рельефа континентальной окраины, базовый параметр ВГКШ – ПКС определяется в его современном состоянии (современный рельеф), как «общее правило», и лишь при невозможности геоморфологического определения

ПКС, в исключительных случаях, ПКС определяется по результатам геофизических исследований.

Именно на это современное в геоморфологическом представлении положение континентальной окраины, морфологических границ современных элементов её рельефа указывает Конвенция, но никак не на их поиск в различные геологические эпохи. По этой причине различного рода геодинамические интерпретационные и весьма сомнительные модели здесь не уместны. В противном случае, при иной трактовке результатов натурных исследований («рифтингах», гипотетических «горячих точек» и пр. гипотез) не совсем ясно где и как искать континентальную окраину, склон, подножие, ПКС и ОКС в контексте требований Конвенции или удобных для Комиссии построений. Наконец, самое главное. Есть ли необходимость рассматривать эти весьма спорные и противоречивые геодинамические построения для решения конкретной прикладной задачи – ВГКШ, однозначное решение которой предлагается Конвенцией – рельеф дна! Рассматривая эти вопросы в контексте требований Конвенции, возникает также и вполне справедливое замечание в адрес Комиссии. Существует современное положение континентальной окраины, на которой определяются современные границы её элементов, необходимых для решения вполне конкретной прикладной задачи – определения современных параметров ВГКШ. В этом случае, вероятно, нет никакой необходимости искусственно расширять решение проблемы весьма спорными и сомнительными гипотетическими предположениями о формировании и развитии бассейна. Для реализации проблемы ВГКШ в Арктике необходим рельеф дна в его современном состоянии (шельф, склон, подножие, абиссальная равнина) и однозначное решение требований Конвенции.

Для документального обоснования на расширенный континентальный шельф прибрежное государство представляет базу батиметрических данных и национальные карты, необходимые для определения положения базового параметра, фиксированных точек границ (при их 60-ти мильном удалении от ПКС) и ограничительного критерия – изобаты 2500 м + 100 миль. При этом, в соответствии с п.п. 4.3.4. и 9.8.2. Руководства Комиссии 1999 г., база батиметрических данных может представляться в Комиссию «...в виде отфильтрованной, сглаженной выжимки из первоначальных данных...», с полным описанием методики для получения такой информации [11].

Последние годы рядом отечественных и зарубежных специалистов для реализации требований Конвенции, а также составления геологических и тектонических карт используется международная

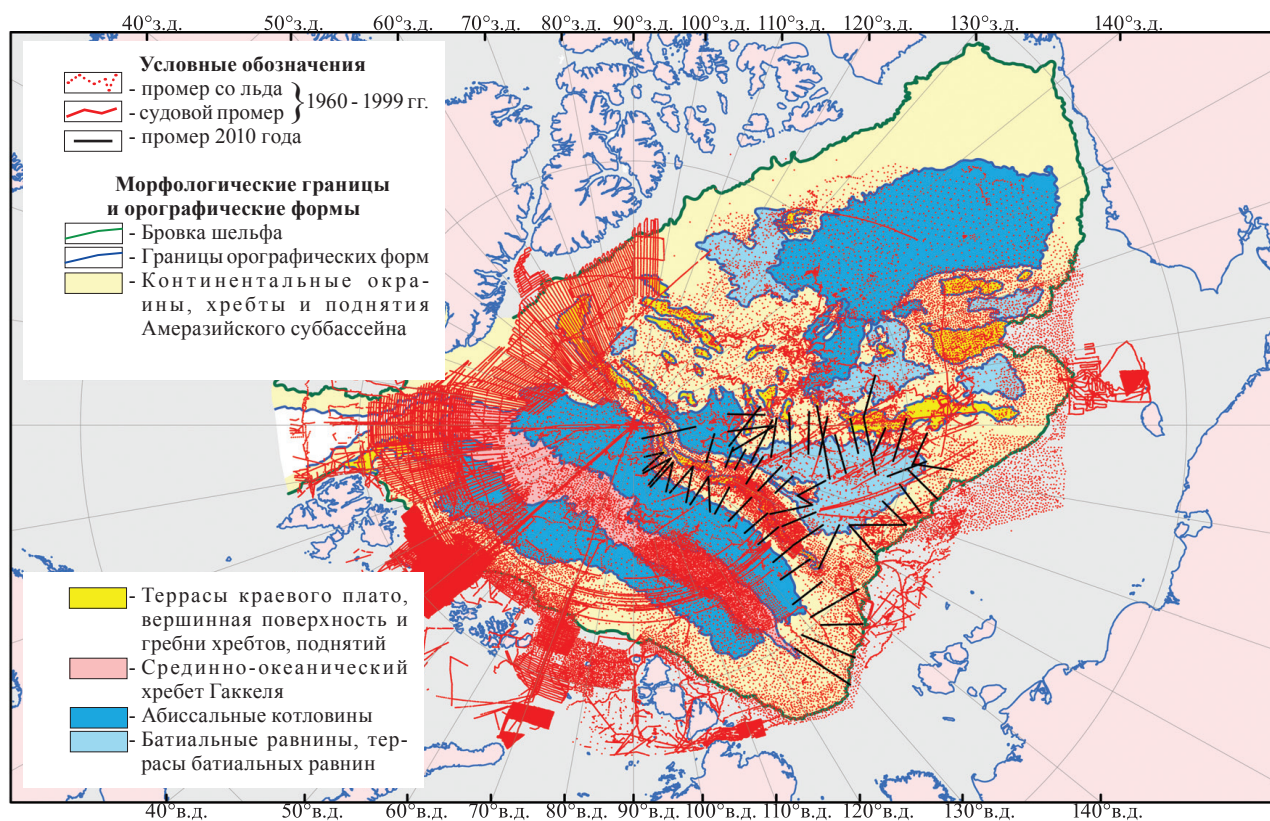


Рис. 2

Гидрографические исследования России глубоководного Арктического бассейна

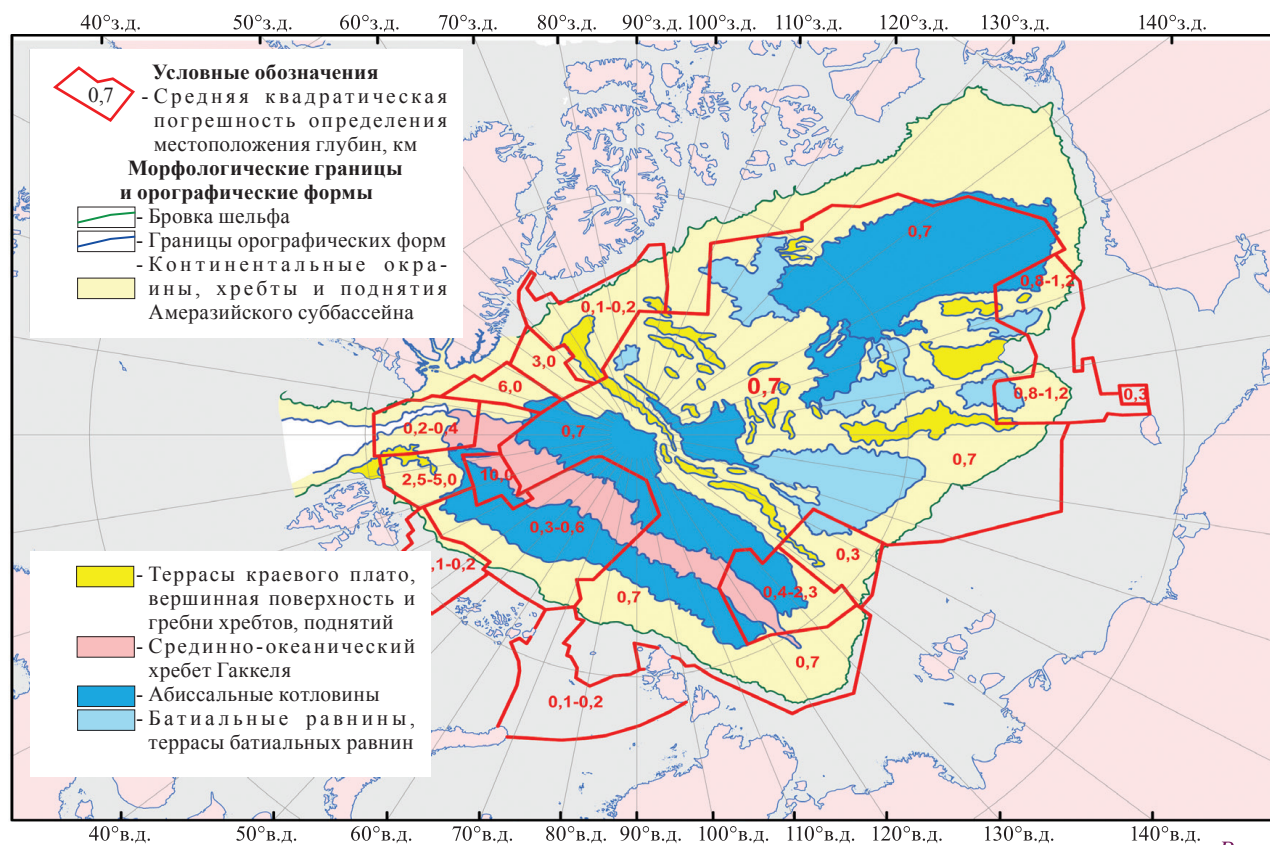


Рис. 3

Погрешность определения местоположения глубин гидрографических исследований России (1960 – 1999 гг.)

база батиметрических данных ИВСаО [18,23,30]. В этой связи необходима оценка баз батиметрических данных, которая характеризуется параметрами гидрографической изученности, в соответствии с целевым назначением исследования.

Широкомасштабные систематические исследования Арктического бассейна проводились отечественной гидрографией, начиная с 1961 года до конца столетия [10,12,15,19,20]. Съёмка рельефа дна проводилась авиадесантным способом с дрейфующих льдов, подводных лодок и надводных гидрографических судов. С учётом специфики климатических условий Арктического бассейна наряду с измерениями глубин эхолотами со льда на всей акватории Арктического бассейна применено сейсмическое зондирование, позволяющее контролировать измерения глубин эхолотами и одновременно получить сведения о мощности осадочных пород и глубинном геологическом строении земной коры [15]. Объём батиметрических данных значительно увеличен за счёт маршрутного промера, выполненного надводными судами и дрейфующими станциями СП, и к настоящему времени база батиметрических данных России по Арктическому глубоководному бассейну насчитывает более 130000 глубин (рис.2). Схемы гидрографической изученности отображают исследования России в пределах основных геоморфологических провинций и разнопорядковых форм рельефа бассейна.

В соответствии с положениями Конвенции и Руководства 1999 г. точность исходных батиметрических данных не ограничена [11]. Однако для оценки точности определения ПКС, изобаты 2500 м, результирующих точек ВГКШ и документального их представления в Комиссию ООН необходима точность определения положения измеренных глубин в районах определения каждой точки ПКС и изобаты 2500 м (рис.3). Эта схема необходима для априорной и апостериорной оценки параметров исследований, а также и для сравнительной оценки с другими базами батиметрических данных.

В контексте реализации проблемы ВГКШ наиболее важной характеристикой результатов гидрографических исследований является плотность промера – частота точек измерений глубин (рис.4). Эта характеристика изученности необходима при решении двух основных задач ВГКШ.

Для документального обоснования естественного продолжения провинции хребтов и поднятий в зоне их сопряжения с континентальными окраинами необходим морфологический и морфометрический анализ батиметрических данных в масштабе съёмки в диапазоне глубин от 20-30 м до верхней части

склона, мористее бровки шельфа. Анализ рельефа в этих зонах, с определением структурного каркаса форм и минимальным сечением изобат, определяет пространственное положение форм, их морфометрические характеристики и соотношение форм на границе перехода шельф-склон.

Основание континентального склона пассивных окраин расположено в области максимальной аккумуляции осадочного чехла, и, как было показано выше, в зависимости от регионального режима седиментации аккумулятивные формы значительно нивелируют базовый параметр ВГКШ – ПКС. Для определения ПКС достаточна аппроксимация склона, подножия и абиссальной равнины с последующими процессами сглаживания батиметрических данных, в результате чего параметр определяется достаточно однозначно и с высокой точностью [9,19]. Тем не менее, в зависимости от режима седиментации, размеры аккумулятивных форм в ОКС могут быть различны и эта характеристика промера очень важна, в том числе и при планировании полевых работ.

Для указанных районов исследований необходима детализация форм и их морфологический анализ с использованием методов геоморфологической интерполяции, что в конечном итоге должно быть отражено на картах крупных масштабов.

Международная база батиметрических данных ИВСаО создана по результатам промера зарубежных гидрографических исследований и национальным картографическим материалам стран-участниц международного проекта [9,18,19,23,30].

Россия представила редколлегии ИВСаО морские навигационные карты и батиметрическую карту «Рельеф дна Северного Ледовитого океана» масштаба 1:5 000 000, цифровая версия которой была выполнена зарубежными специалистами к 2000 году.

В цифровой базе ИВСаО измерения глубин представлены регулярной сетью (одномерный грид 2,5км'2,5км и 2км'2км) для последующих исследований (в том числе математического моделирования по определению параметров ВГКШ) и многоцелевого, разномасштабного картографирования рельефа дна.

Однако создание и использование такой базы данных не совсем правомерно при значительном диапазоне плотности точек измерений, характерных при исследовании Арктического бассейна и отсутствии информации о какой-либо оценке параметров гидрографической изученности каждого источника. Практически все карты (в том числе и батиметрические карты России) были составлены на базе нерегулярной сети измерений, где плотность промера изменялась от 2 до 25 км. Преобразование такой базы

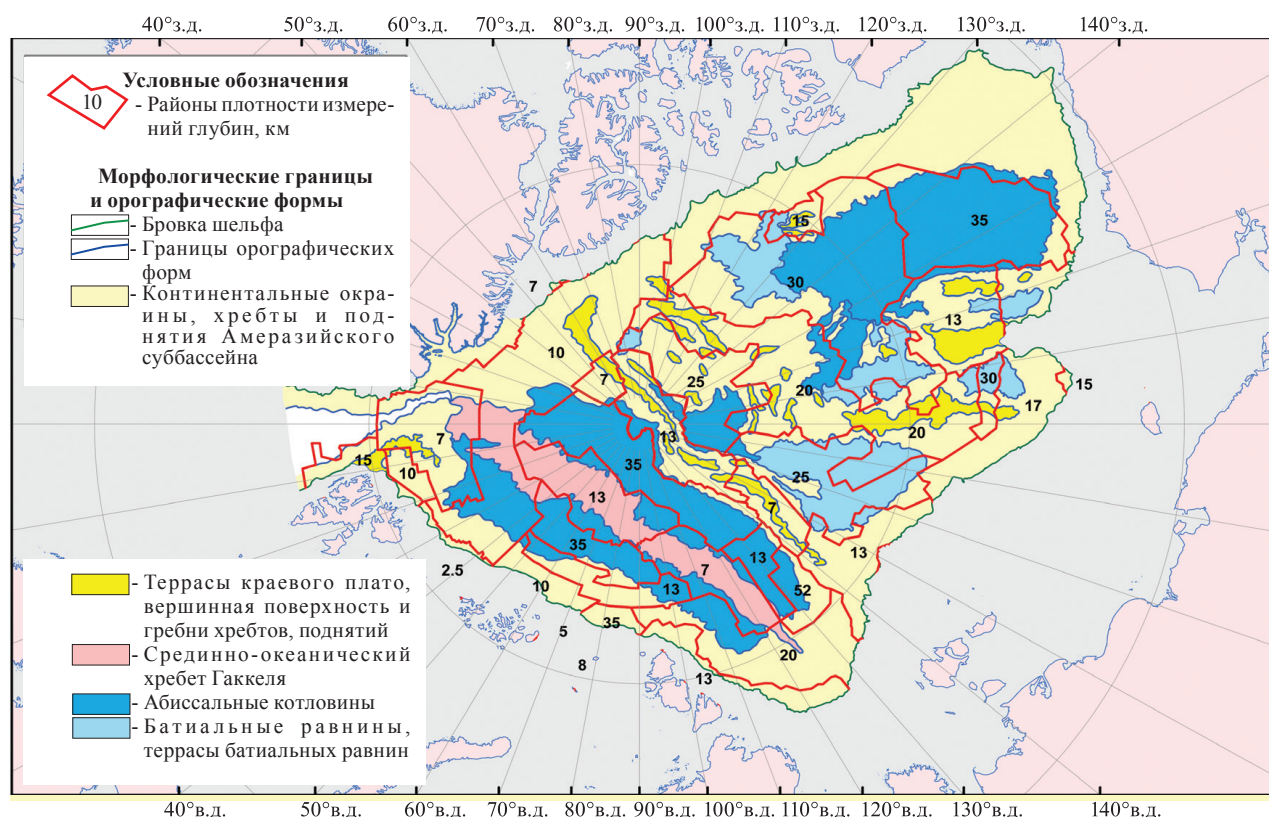


Рис. 4

Плотность промера глубоководного Арктического бассейна по результатам гидрографических исследований России (1960 – 1999 гг.)

батиметрических данных в регулярную сеть – грид приведёт к непрогнозируемой погрешности определения точек ПКС и изобаты 2500 м на континентальной окраине. Действительно, преобразование базы данных в регулярную сеть глубин при плотности промера 2-5 км на континентальном склоне, вблизи бровки шельфа, имеет одну погрешность точек регулярной сети, в то время как в основании континентального склона и на абиссальной равнине, при плотности измерений до 25 км, погрешность определения требуемых точек на одном и том же профиле будет совсем другая. Такая база батиметрических данных представленная набором опубликованных на картах глубин (и в значительной степени изобат, являющихся результатом субъективной интерпретации составителя) различных источников, без анализа сходимости глубин и оценки параметров гидрографической изученности источников информации недопустима при решении такой важной прикладной задачи, как определение границ национальной юрисдикции государств. Последующее преобразование такой базы батиметрических данных в цифровой батиметрический грид (вне зависимости от размеров ячейки) позволяет определить лишь

одну погрешность – погрешность метода, которая зависит от размеров ячейки и плотности измерений, но в то же время не имеет никакого отношения к качественной и количественной оценке параметров гидрографической изученности этой исходной базы батиметрических данных. Кроме того, для решения научных задач необходимо также учитывать размерность и простирание форм рельефа в зоне перехода шельф – склон, которые могут быть искажены результатами такой планово-высотной основы.

Вероятно, использование такой базы батиметрических данных имеет смысл для решения глобальных научных комплексных проблем (и разного рода геодинамических построений) в масштабах не крупнее 1:5000000, при картографировании наиболее крупных форм рельефа, когда границы форм и их пространственная взаимосвязь не имеют принципиального значения.

Сравнительный анализ батиметрических карт России и ИВКАО в масштабе 1:5000000 показал разночтения рельефа по 31 району акватории бассейна, анализ которых на редколлегии ИВКАО позволил устранить некоторые рассогласования [18,19]. Однако, сравнительный визуальный анализ

рельефа был выполнен на уровне мелкомасштабных карт, в то время как для решения указанных задач по делимитации бассейна, необходимо детальное сравнение баз батиметрических данных.

В 2010 году, рамках подготовки заявки России в Комиссию ООН проведена съёмка рельефа дна «Экспедиция Шельф 2010» (рис. 2) [1,2,3]. Сравнительный анализ результатов съёмки с базой батиметрических данных России установил, что процент значений превышающих допустимую неопределённость конкретной глубины согласно международному стандарту S-44 составляет 18%. Аналогичный сравнительный анализ был сделан и с базой батиметрических данных ИВСаО, где процент превышающих допустимую неопределённость глубин составил 42%. Результаты сравнительного анализа дают однозначный ответ как о качестве отечественной базы батиметрических данных, так и о недостатках грида ИВСаО. Учитывая неопределённость картографирования форм в основании континентального склона при плотности измерений глубин более 25 км и создаваемой регулярной сети (ячейки грида 1 или 2 км), необходим морфологический анализ реальных измерений с применением известных приёмов и методов геоморфологической интерполяции.

По результатам оценки баз батиметрических данных в контексте требований Конвенции для определения ВГКШ приарктических государств можно сделать следующие выводы:

1. По результатам гидрографических исследований России в Арктике создана база ретроспективных батиметрических данных из 130000 глубин. База батиметрических данных представлена нерегулярной сетью измерений, с относительным отстоянием глубин от 2 км до 25-30 км.

2. Сравнительный анализ гидрографической съёмки, выполненной многолучевым эхолотом в 2010 г., показал высокую сходимость результатов этих работ с базой ретроспективных батиметрических данных России – более 80%. Сходимость результатов работ 2010 г. с базой батиметрических данных ИВСаО составила менее 60 %.

3. База ретроспективных батиметрических данных России представляет взаимоувязанную планово-высотную основу, необходимую для морфологического и морфометрического анализа глубин по геоморфологическому обоснованию положения континентальных окраин Арктического бассейна в соответствии с требованиями Конвенции ООН по морскому праву.

4. Наиболее актуален анализ рельефа в зоне сопряжения провинции хребтов и поднятий с

противолежащими континентами для обоснования естественного продолжения провинции в северном направлении. Учитывая высокую плотность глубин базы ретроспективных батиметрических данных в зоне сопряжения провинции с континентами (2-5 км), такой анализ глубин крайне необходим.

5. Основание континентального склона пассивных окраин расположено в области максимальной аккумуляции осадочного чехла и, в зависимости от регионального режима седиментации, морфометрические характеристики аккумулятивных форм нивелируют базовый параметр ВГКШ – ПКС. Частота глубин базы ретроспективных батиметрических данных в ОКС достигает 20 км – 25 км, что достаточно для картографирования аккумулятивных форм при сопоставимых размерах их сечения.

6. Международная база батиметрических данных ИВСаО представлена регулярной сетью (одноразмерный грид 2,5км'2,5км и 2км'2км) глубин, в основе которой результаты гидрографических исследований и картографирования, указанные выше. Результаты математического анализа такой батиметрической базы приведут к прогнозируемой погрешности определения положения и размерности форм в ОКС, точек ПКС и изобаты 2500 м на континентальной окраине. Варианты использования такой батиметрической основы показаны выше.

7. Для решения конкретных задач ВГКШ необходимы традиционные методы морфологического и морфометрического анализа глубин с использованием традиционных методов геоморфологической интерполяции.

Преобразование базы батиметрических данных в регулярную сеть глубин имеет смысл (и документально необходимо для предъявления Комиссии ООН) при определении конкретных параметров (ПКС, изобаты 2500 м) по результатам съёмки многолучевого эхолота, что и было выполнено Россией в 2010 году.

Литература

1. Алексеев С.П. Инновационное развитие системы навигационно-гидрографического обеспечения – важный фактор реализации стратегии совершенствования морской деятельности Российской Федерации. // Труды VII Российской научно-технической конференции «Навигация, гидрография и океанография: приоритеты развития и инновации морской деятельности», 18-20 мая 2010 г. Санкт-Петербург. СПб.: Изд. ГНИНГИ, 2011 г. С.24-39.
2. Алексеев С.П., Глумов И.Ф., Ледовских А.А., Морозов

- А.Ф., Костенич А.В. и др. Гидрографические и геофизические исследования для обоснования внешней границы континентального шельфа Российской Федерации в Северном Ледовитом океане. // Труды VII Российской научно-технической конференции «Навигация, гидрография и океанография: приоритеты развития и инновации морской деятельности», 18-20 мая 2010 г. Санкт-Петербург – СПб.: Изд. ГНИНГИ, 2011 г., С.43-50.
3. Алексеев С.П., Глузов И.Ф., Ледовских А.А., Ставров К.Г. и др. Гидрографические исследования в Центральном Арктическом бассейне на надводном судне в интересах обоснования внешней границы континентального шельфа России. // Труды научной конференции XIV Съезда Российского географического общества, 11-14 декабря 2010 г. Санкт-Петербург. – СПб.:Изд.РГО, 2010. С.101-110.
 4. Дибнер В.Д. Морфоструктура шельфа Баренцева моря. Л., Недра, 1978г., С.211.
 5. Ильин А.В. Геоморфология дна Атлантического океана. М:Наука, 1976 г., С.232.
 6. Канаев В.Ф. Рельеф дна Индийского океана. М., Наука, 1987 г., С.267.
 7. Кеннет Дж. Морская геология: В 2 т. Пер. с англ. М.:Мир, 1987 г.
 8. Конвенция ООН по Морскому Праву. Нью-Йорк, 1984 г.
 9. Нарышкин Г.Д. Срединный хребет Евразийского бассейна Северного Ледовитого океана. М. Наука, 1987 г., С. 72.
 10. Нарышкин Г.Д., Комарицын А.А., Каврайский А.В. Нестеров Н.А., Опарин А.Б., Фридман Б.С. Геоморфологические аспекты внешней границы континентального шельфа России в Арктике. СПб. ГУНиО МО РФ. 2005 г., С.60.
 11. Научно – техническое Руководство Комиссии по границам континентального шельфа. Пятая сессия. Нью-Йорк, 3–14 мая 1999 г. С.90.
 12. Объяснительная записка к картам Арктического бассейна: Орографическая карта Арктического бассейна, Рельеф дна Северного Ледовитого океана. СПб., 1999 г., С.39.
 13. Орографическая карта Арктического бассейна. Масштаб 1:5 000 000 Отв. ред. Грамберг И.С., гл. ред. Нарышкин Г.Д., Хельсинки, Карттаекскус, 1995 г.
 14. Рельеф дна Северного Ледовитого океана. Масштаб 1:5 000 000, проекция стереографическая. ГУНиО МО, ВНИИОкеангеология, РАН, СПб., 1998 г.
 15. Российские сейсмические исследования с дрейфующих льдов Северного Ледовитого океана. Изд. ГУНиО МО РФ, СПб, 1997 г.
 16. Удинцев Г.Б. Геоморфология и тектоника дна Тихого океана. М.: Наука, 1972г., С.392.
 17. Фридман Б.С. Континентальная окраина Арктического бассейна в контексте базовых параметров внешней границы континентального шельфа России. 2007. // Геодезия и картография. 2006 г. №12. С.10-21.
 18. Фридман Б.С. Результаты Российских гидрографических исследований в международной базе батиметрических данных Северного Ледовитого океана // Геодезия и картография. 2006 г. №11. С.10-16.
 19. Фридман Б.С. Результаты гидрографических исследований и картографирование рельефа дна Арктического бассейна для определения внешней границы континентального шельфа России в Арктике. СПб. Наука, 2007г., С.208.
 20. Фридман Б.С. База батиметрических данных России для определения ВГКШ в Арктике. Геоинформатика. 2007 г. № 1. С.15-22.
 21. Центральный Арктический бассейн. Масштаб 1:2 500 000, по параллели 75°. Проекция стереографическая. СПб, ГУНиО МО РФ, №91115. 2002 г.
 22. Хейзен Б., Тарп М., Юинг М. Дно Атлантического океана. Пер. с англ. М., Изд-во иностр. Лит., 1962 г., С.122.
 23. <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/bathymetry/arctic/ibcaoreports.html>
 24. The Law of the Sea. Definition of the Continental Shelf. An Examination of the Relevant Provisions of the United Nations Conventions on the Law of the Sea. New York, 1993.
 25. Canadian Hydrographic Service. General Bathymetry Chart of the Oceans (GEBCO). Sheet 5.17, Scale 1:6,000,000. Ottawa, 1979.
 26. Heezen, B. C., and M. Tharp (Bathymetric Compilers), 1971. Arctic Ocean Floor. Map painted by H. C. Berann, National Geographic Magazine, 140(10), Special Map Supplement, Scale 1:9,757,000.
 27. Heezen, B. C., M. Tharp, and M. Pinther, 1975. Map of the Arctic Region, World 1:5,000,000 Sheet 14, Prepared by the Cartographic Division of the Am. Geograph. Soc., New York. 1 sheet, Polar Stereographic Projection, scale 1:5,000,000 at 71°N, 100 m contour interval to 500 m thereafter.
 28. Shepard F.P. Submarine Geology. 2nd edition. New York, Evanston, London, 1963.
 29. The Law of the Sea. Definition of the Continental Shelf. An Examination of the Relevant Provisions of the United Nations Conventions on the Law of the Sea. New York, 1993.
 30. www.ngdc.noaa.gov/mgg/bathymetry/Arctic/Arctic.html.