

УДК 551.462(264.3)

РЕЛЬЕФ ДНА МОРЯ СКОТИЯ

И. К. Авилов, Д. Е. Гершанович

Значительная часть акватории атлантического сектора Южного океана носит название моря Скотия, или Скоша. На западе оно смыкается с проливом Дрейка, глубоководным океаническим проливом, отделяющим Южную Америку от материка Антарктиды, на севере и востоке — с водами глубоководных областей Южной Атлантики. Южнее моря Скотия располагается крупнейшее из антарктических морей — море Уэдделла, глубоко вдающееся в континент. За северную границу моря Скотия обычно принимается ломанная линия, соединяющая о. Эстадос, находящийся вблизи Огненной Земли, с о. Южная Георгия и далее с крайним из Южных Сандвичевых островов — о. Завадовского. Восточная граница проходит вдоль Южных Сандвичевых островов, южная — от этих островов к Южным Оркнейским островам и о. Шишкова (Кларенс) в группе Южных Шетландских островов. Менее четко обозначена западная граница, которая условно проводится по линии северо-восточная оконечность о. Шишкова — о. Эстадос.

Таким образом, море Скотия является типичным межостровным бассейном. Его обособление от смежных вод прослеживается по подводному рельефу и отдельным островным группам. Они дугообразно расположены между Землей Грейама и Огненной Землей в месте наибольшего сближения континентальных массивов Южной Америки и Антарктиды.

В литературе при описании района моря Скотия иногда применяют название Южно-Антильская котловина или Южно-Антильское море. Высказывалось предположение, что особенности рельефа в море Скотия позволяют относить его к бассейну Тихого океана. Н. Н. Зубов и А. В. Эверлинг (1940) в своей классификации морей Мирового океана рассматривают этот район как тихоокеанский, ограниченный вытянутой в восточном направлении подводной дугой. В последнее время такая точка зрения получает все более широкое распространение.

Начало изучения физико-географических особенностей и рельефа моря Скотия связано с крупными географическими открытиями в водах Антарктики в конце XVIII и в первые десятилетия XIX века. В 1775 г. английский мореплаватель Д. Кук посетил воды у о. Южная Георгия и открыл Землю Сандвича. Крупнейший вклад в познание относимой сейчас к морю Скотия части Южного океана внесла экспедиция

Ф. Ф. Беллинсгаузена и М. П. Лазарева — выдающихся русских первооткрывателей Антарктиды. В 1819—1820 гг. эта экспедиция обследовала некоторые участки у о. Южная Георгия и установила, что Земля Сандвича является группой островов. Позднее, в 1821 г. экспедиция провела важные работы в группе Южных Шетландских островов. Многочисленные русские наименования на картах наглядно отражают значение плавания Беллинсгаузена и Лазарева в этом районе.

В 1819 г. были открыты Южные Шетландские острова, а несколько позднее, в 1823 г. Д. Уэдделл пересек море Скотия и проник далеко на юг в пределы акватории, названной потом его именем. Из плаваний XIX столетия, проходивших в этом районе, многие были связаны с китобойным и зверобойным промыслом, сборы материалов для гидрографической характеристики островных побережий и распределения глубин были сравнительно небольшими. Лишь начиная с первых лет текущего века, положение значительно изменилось. В 1902 г. вблизи южных границ моря Скотия начал свои геологические и географические исследования О. Норденшельд на судне «Антарктик», зимовавший на Земле Грейама. Важным этапом изучения моря Скотия явились работы шотландской антарктической экспедиции В. Брюса на пароходе «Скотия» в 1903 г. Экспедиция выполнила ряд важных промеров глубин. Деятельность экспедиции способствовала закреплению за описываемой акваторией наименования моря Скотия.

Исследования глубин существенно расширились в 20 и 30 годы. Ряд сведений геологического и геоморфологического характера был получен при плавании английского судна «Квест» в 1922 г. В 1925—1926 гг. интересные данные о распределении глубин были собраны немецкой океанографической экспедицией на «Метеоре», где промер велся с использованием эхолотов. Один из разрезов «Метеора» пересек море Скотия от Южных Шетландских островов в меридиональном направлении до 55° ю. ш. и далее к о. Южная Георгия и Южным Сандвичевым островам и привел к открытию Южно-Сандвичева (Южно-Антильского) желоба с глубинами свыше 8000 м почти непосредственно вблизи островной группы.

Наиболее значительный материал о рельефе моря Скотия начал накапливаться с 1925 г. в результате многолетних исследований английского правительственного комитета «Дискавери». Суда комитета «Дискавери», «Вильям Скорсби» в 1926—1931 гг. и «Дискавери-II» с 1930 г. систематически вели промерные работы во многих районах моря. В плаваниях «Дискавери-II» использовались глубоководные эхолоты разных типов.

До 1939 г., когда деятельность комитета «Дискавери» прекратилась, было собрано большое число данных, позволявших составить первые обстоятельные батиметрические карты моря Скотия (Herdman, 1932, 1948). Рельеф этого района нашел свое отражение также на ряде карт Атлантического океана, опубликованных в 30-е и 40-е годы немецкими исследователями, в частности в сводках Г. Шотта (1944) и Ф. Махачека (1961).

Дальнейшие геоморфологические исследования в море Скотия проводились английскими и американскими экспедициями, изучавшими приантарктические и антарктические воды после окончания второй мировой войны. Английские гидрографические работы внесли ряд уточнений в прибрежный рельеф островных групп. В период Международного геофизического года новые данные были получены при плавании американского судна «Вима». Исследования глубин в море Скотия параллельно с другими работами продолжались и позднее. В 1962—1963 гг. здесь

работало судно «Элтанин» (США), материалы которого использованы в последних работах Н. Goodel (1964) и В. Heezen a G. Johnson (1965).

На новейших батиметрических картах, выпущенных в США, рельеф моря Скотия изображается с небольшим числом изменений по сравнению с ранее опубликованными картами и схемами. Только физиографическая карта Б. Хейзена и М. Тарп по Южной Атлантике, охватывающая и море Скотия, пролив Дрейка и другие прилегающие районы (Heezen a Tharp, 1961), и батиметрическая схема района Южной Сандвичевой дуги (Heezen a. Johnson, 1965) могут рассматриваться как существенный сдвиг в наших представлениях о геоморфологии моря. На картах сведены результаты промерных работ последних лет.

Ряд обобщений по району моря Скотия выполнен советскими исследователями (Панов, 1958, 1963; Трешников, 1963). Батиметрия моря Скотия с учетом некоторых результатов новейших работ приводится на карте Атлантического океана, выпущенной в 1963 г., более подробно на картах советского атласа Антарктики, где А. В. Живаго дает также геоморфологические схемы Южного океана (Атлас Антарктики, 1966).

Вместе с тем, необходимо отметить, что, несмотря на длительную историю изучения распределения глубин и значительное число работ, в той или иной степени характеризующих рельеф моря Скотия, мы не располагаем в настоящее время достаточно полным описанием его геоморфологических особенностей. Море Скотия принадлежит к числу бассейнов, отличающихся очень сложным и неоднородным рельефом дна, и требуются длительные и подробные исследования глубин, чтобы составить точное представление о геоморфологии этого интереснейшего и важного участка Южного океана, более всего связывающего Антарктический материк с другими континентальными блоками южного полушария.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРВОЙ ЭКСПЕДИЦИИ НАУЧНО-ПРОМЫСЛОВОГО СУДНА «АКАДЕМИК КНИПОВИЧ» В МОРЕ СКОТИЯ

Изучение глубин является одним из ведущих разделов не только морских геологических и океанологических работ, но и научно-промысловых исследований. Четкие представления о главных чертах строения морского дна немаловажны без данных о распределении глубин. Батиметрия — основа геологических и геоморфологических характеристик любого морского бассейна. При научно-промысловых исследованиях она позволяет правильно размещать поисковые разрезы, облегчает понимание специфики гидрологического и гидрохимического режимов, способствует выявлению многих особенностей распределения, миграции и биологии ихтиофауны и других промысловых объектов. Не приходится говорить о том значении, которое имеют геоморфологические исследования для тралового рыболовства и навигационных целей, особенно в слабо изученных районах. При проведении научно-промысловых работ важна всесторонняя характеристика ложа бассейна.

Данные о глубинах при плавании научно-промыслового судна «Академик Книпович» собирали почти постоянно. К имеющимся на судне глубоководным эхолотам НЭЛ-6 были подключены специальные приставки ФТАК-2П «Ладога» (рис. 1), и запись глубин вели не на обычной эхолотной ленте небольшой ширины, а на значительно более широкой и удобной в практике работы электрохимической бумаге ЭХБ-4. Применение приставки ФТАК-2П «Ладога», обычно используемой для получения факсимильных метеорологических и синоптических сведений, при измерении глубин вполне себя оправдало. Мы получаем возможность



Рис. 1. Приставка к эхолотам ФТАК-2П «Ладога»

гораздо более детально фиксировать изменения глубин, возрастает чувствительность эхолотов, изображение рельефа дна при записи на ФТАК-2П «Ладога» отчетливее и резче, чем на самописце эхолота (рис. 2). Все это намного облегчает последующий анализ промерных материалов и позволяет рекомендовать применение приставки ФТАК-2П «Ладога» для самого широкого использования при научно-промысловых исследованиях.

Система подключения приставок ФТАК-2П «Ладога» к эхолотам, указываемая к литературе (Удинцев и др., 1962) и применяемая на судне «Академик Книпович», потребовала значительной модификации, которая была выполнена акустиком корабля В. Е. Горским, А. П. Исаевым и Г. Н. Лавровым. Для устранения влияния параметров линии, связывающей удаленные друг от друга блоки эхолота с ФТАК-2П «Ладога», был подключен катодный повторитель. Смонтирован и установлен специальный резонансный усилитель, обеспечивающий дальнейшее усиление поступающего на ФТАК-2П «Ладога» сигнала. Для получения отметок времени на эхограммах была применена несложная электрическая схема, соединяющая приставку с обычными судовыми часами. Все эти, а также некоторые другие переделки, основанные на опыте работ экспедиционного судна «Михаил Ломоносов», обеспечили бесперебойную и надежную работу ФТАК-2П «Ладога» при измерении глубин не только до 6000 м, на которые рассчитан эхолот НЭЛ-6, но и превышающих 6000 м.

Навигационные условия моря Скотия затрудняют возможность точной привязки результатов эхолотной съемки глубин путем астрономических наблюдений. В период исследований с 27 января до 19 марта 1965 г., когда судно «Академик Книпович» находилось в море Скотия, крайне редко удавалось определить астрономическим способом. Поэтому большое значение придавалось привязке к береговым ориентирам в начале и конце большинства промерных галсов. Те из галсов, местоположение которых не является надежным, не принимались во внимание и не учитывались при корректировке и обобщении геоморфологических данных.

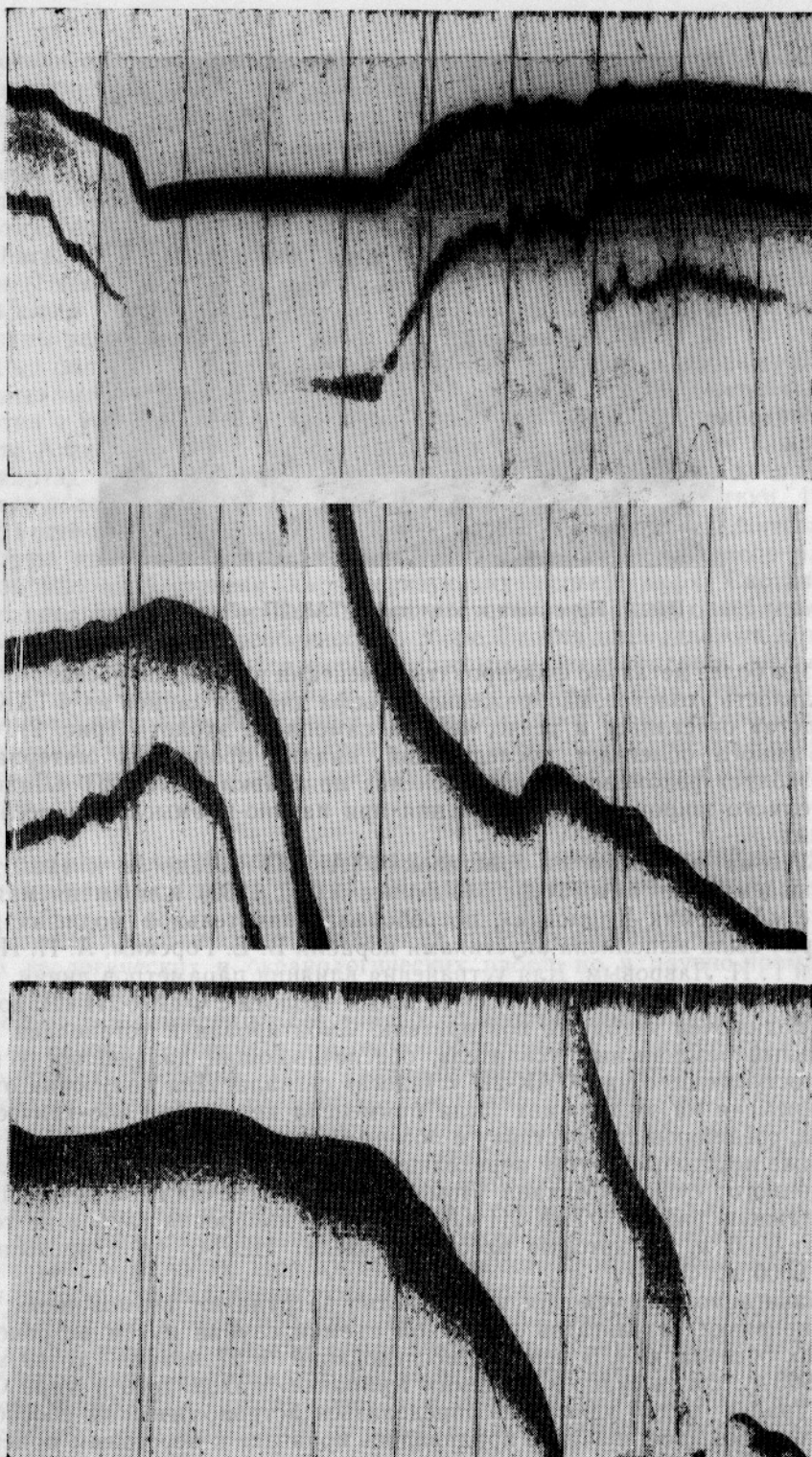


Рис. 2. Образцы записи рельефа дна на приставке к эхолотам
ФТАК-2П «Ладога»:

а — подводная долина на шельфе о. Южная Георгия (глубина до 240 м); *б* — внешний край шельфа (237 м) и верхняя часть островного склона к северу от о. Южная Георгия; *в* — островной склон и его основание у о. Южная Георгия (глубины 1700—3050 м)

На рис. 3 приведены основные разрезы, полученные во время первой экспедиции научно-промыслового судна «Академик Книпович». Они освещают рельеф моря Скотия между банкой Бердвуд и Южными Оркнейскими островами и некоторых участков дна вблизи о. Южная Георгия. Сравнительно детальные промеры, выполненные к северу от Южных Оркнейских островов и о. Южная Георгия, позволили получить необходимые уточнения в распределении глубин в районах встречи массовых концентраций криля, обнаруженных научно-промысловым судном «Академик Книпович», и подготовить более или менее детальные батиметрические схемы этих участков.

За время пребывания судна «Академик Книпович» в море Скотия глубины измеряли на разрезах, суммарная протяженность которых достигает 4000 миль. Наиболее существенные изменения новые материалы вносят в батиметрию района к востоку от Южных Оркнейских островов, где на многих картах обычно изображается субширотный порог, отделяющий море Скотия от моря Уэдделла. Выполненные промеры, подтверждая существование поднятий дна в этом районе, вместе с тем свидетельствуют, что их расположение в субширотном направлении не является столь определенным. Наоборот, они в большей степени ориентированы на северо-восток и, как будет показано ниже, по-видимому, связаны с системой подводных возвышенностей северо-восточного и меридионального простираний, характерных для всей восточной части моря Скотия. Естественно, что такое расположение поднятий на границе между морями облегчает проникновение в море Скотия не только поверхностных, но и глубинных вод из моря Уэдделла и должно учитываться при изучении процессов водообмена в этой очень важной части антарктических вод. Представляют интерес данные, свидетельствующие об очень большой крутизне многих островных склонов и их глубоком расчленении подводными долинами. В пределах глубоководных областей характерным является частая встречаемость участков со значительными изменениями глубин, нередко достигающих многих сотен метров. В отличие от некоторых других глубоководных морских бассейнов сходного типа море Скотия, насколько можно судить по ранее имевшимся и новым материалам, выделяется меньшим развитием предельно выравненных областей дна. Весьма существенны материалы экспедиции на судне «Академик Книпович» для геоморфологического истолкования особенностей распределения глубин во многих основных районах моря Скотия как мелководных, так и глубоководных. На большом фактическом материале с обобщением ранее полученных данных подготовлена новая батиметрическая схема моря (рис. 4). На схеме отражен также рельеф некоторых смежных участников в районе пролива Дрейка, Южных Шетландских островов и самой северной части моря Уэдделла.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОРФОМЕТРИИ МОРЯ СКОТИЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ОБЛАСТЕЙ

По последним данным, приводимым Трешниковым (1963), площадь атлантического сектора Южного океана составляет 11 682,7 тыс. км². Море Скотия площадью 1440 тыс. км² занимает 12,4% акватории этого сектора. Средняя глубина моря Скотия 2774 м и среди окраинных морей Антарктического континента является одной из наиболее значительных, лишь несколько уступая средней глубине слабо изученного моря Уэдделла. Максимальная глубина моря Скотия превышает соответствующие глубины всех других антарктических морей. На навигационных картах

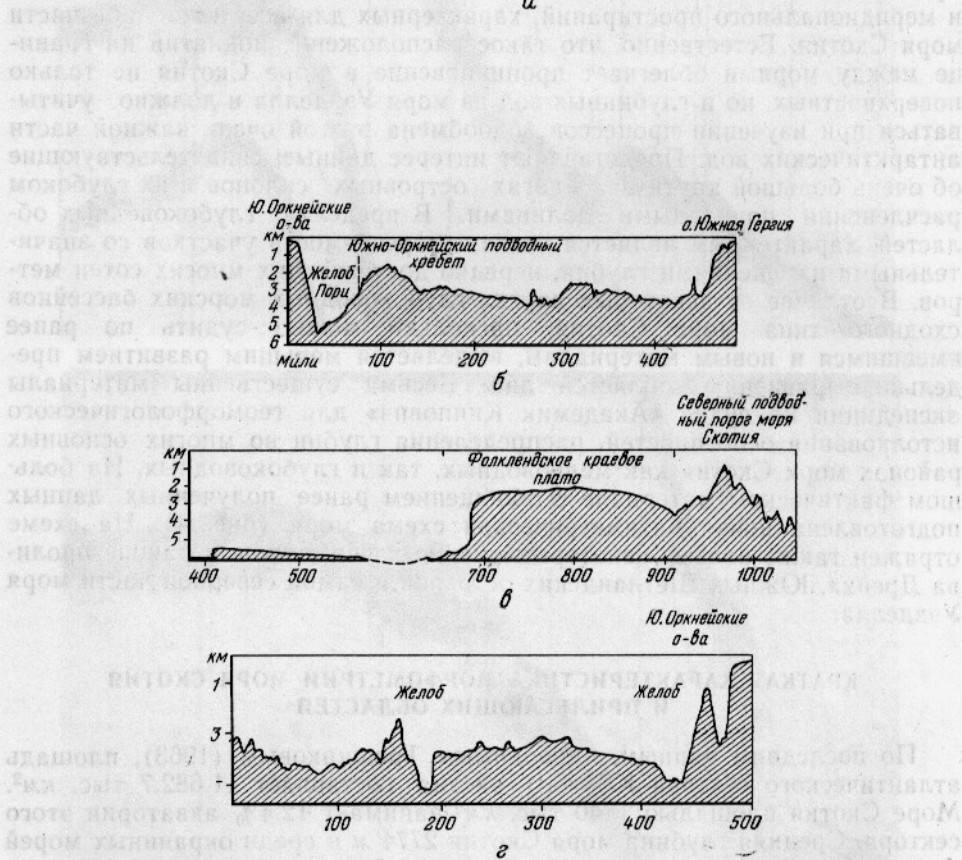
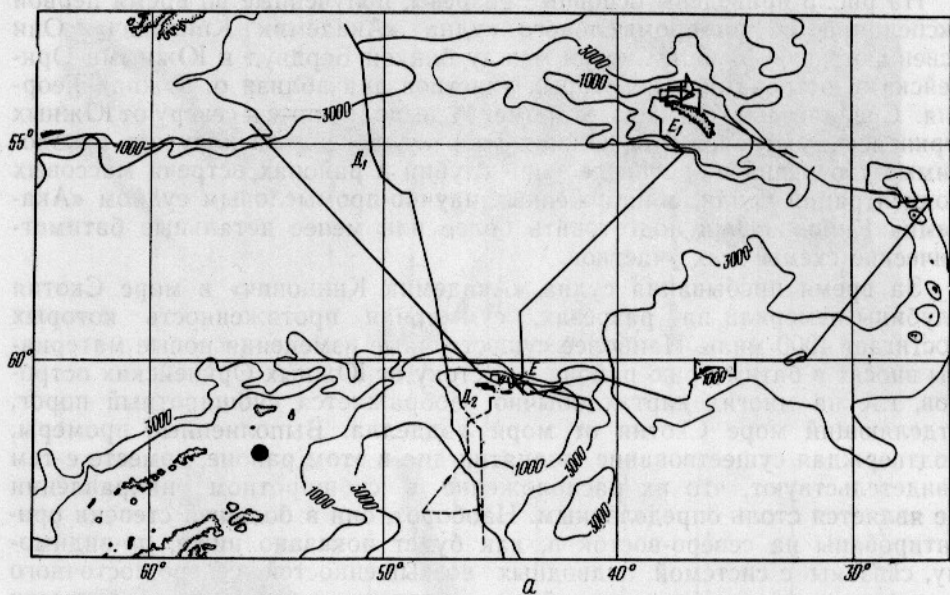
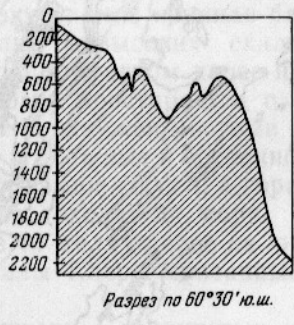
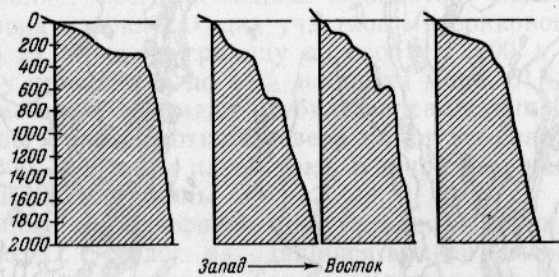
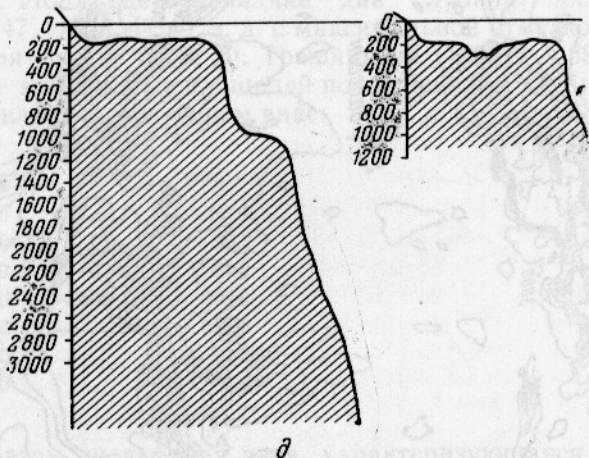
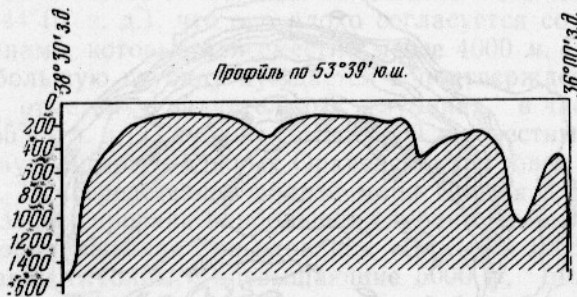


Рис. 3. Данные по батиметрии моря Скоттия по наблюдениям а — Схема маршрута научно-промыслового судна «Академик Книпович» в море Георгия; в — профиль Аргентинская котловина — Фолклендское краевое плато — юные Оркнейские; д — профили дна около о. Южная Георгия; е — профили дна



экспедиции «Академик Книпович»

Скотия и положение профилей; б — профиль о. Южные Оркнейские — о. Южная северный порог моря Скотия; в — профиль северный порог моря Скотия — о-ва Юж-к северу от Южных Оркнейских о-вов

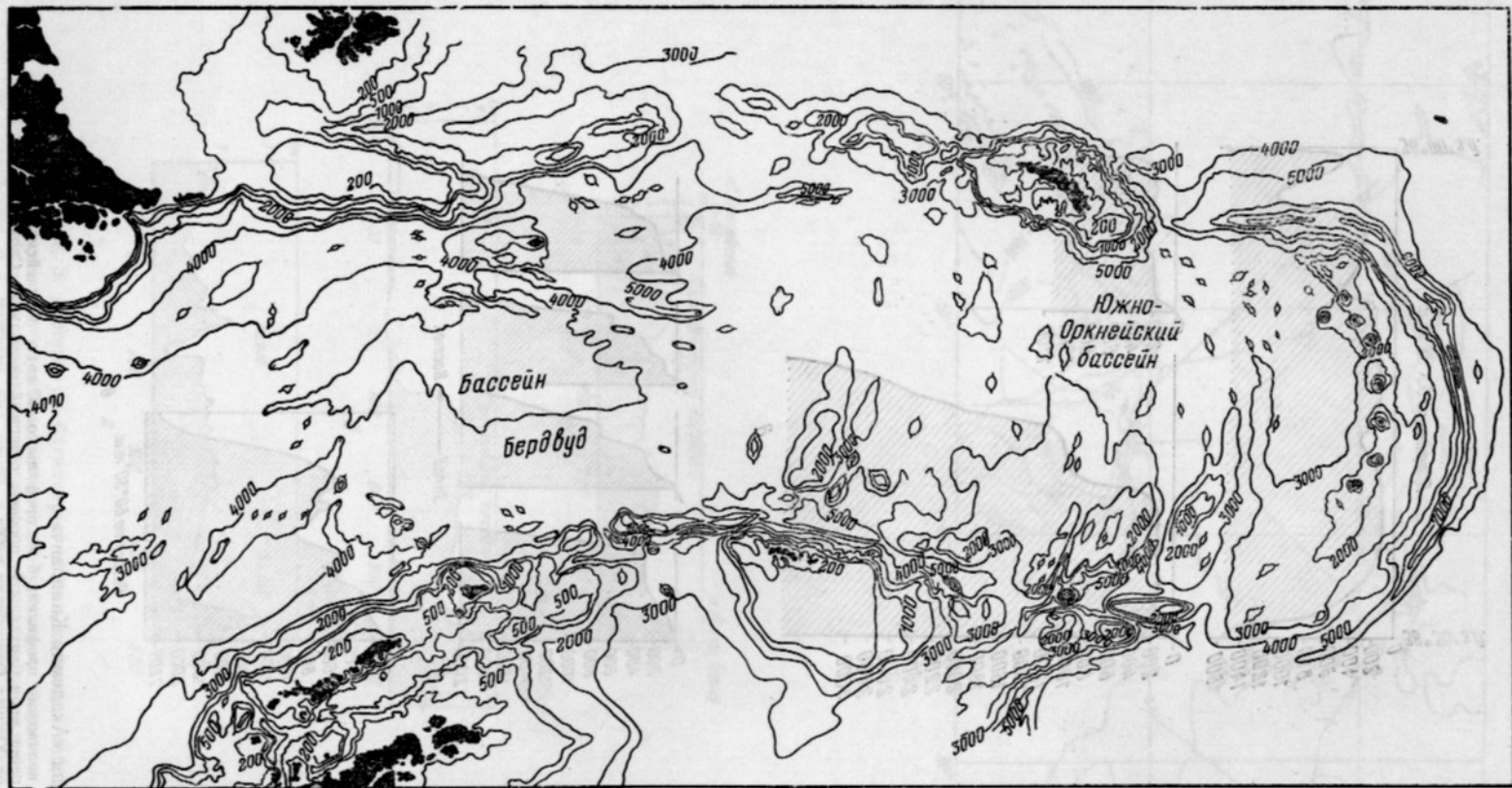


Рис. 4. Батиметрическая схема моря Скотия

приводится отметка 6468 м. Однако положение этой отметки таково (55°56' ю. ш., 44°10' з. д.), что оно плохо согласуется со всеми близлежащими глубинами, которые повсеместно менее 4000 м. Поэтому указание на столь большую глубину нуждается в подтверждении. Более надежны другие отметки о значительных глубинах, в частности 5841 м (56°25' ю. ш., 55°45' з. д.). Глубины свыше 5000 м известны к юго-востоку от банки Бердвуд, севернее Южных Оркнейских островов и в некоторых других местах. Непосредственно вблизи моря Скотия в Южно-Сандвичевом желобе зафиксирована наибольшая глубина Атлантического океана — 8428 м, обнаруженная при плавании «Вимы» в 1958 г. В ходе наших исследований глубины, превышающие 5000 м, были встречены к северу от о. Лори, где во впадине дна глубина достигла 5425 м, и в районе 56°47' ю. ш., 48°40' з. д. с максимальной отметкой 5366 м.

Объем моря Скотия по А. Ф. Трешникову (1963) — 3994,8 тыс. км³. Распределение занимаемых площадей по интервалам глубин А. Ф. Трешников представляет в следующем виде:

м	тыс. км ²	%
0—500	83,6	5,8
500—1000	56,2	3,9
1000—2000	144,2	10,0
2000—3000	416,6	29,0
3000—4000	655,8	45,5
4000—5000	79,3	5,5
более 5000	4,3	0,3

Таким образом, шельфовая зона, характеризующаяся в большинстве районов глубинами менее 250 м, крайне ограничена. Ее суммарная площадь составляет всего несколько процентов. Более развита зона островного склона и прилегающих участков материкового склона. Принимая условно их нижнюю границу по изобате 3000 м, можно видеть, что на эту зону приходится до 44% площади моря. 51% площади, т. е. свыше половины моря, занимают глубины, превышающие 3000 м.

Протяженность моря Скотия с севера на юг изменяется от 400 миль на западе до 300—330 миль на востоке. В широтном направлении море вытянуто почти на 1000 миль.

Расположенные по периферии моря островные группы имеют линейное простираение. О. Эстадос, находящийся вблизи Огненной Земли, вытянут в широтном направлении. Такое же направление имеет расположенная к востоку от него крупная банка Бердвуд с минимальной глубиной 46 м. Группа невысоких скалистых островков — скалы Шаг — является связующим звеном далее на восток, к о. Южная Георгия. Сам о. Южная Георгия простирается с северо-запада на юго-восток более чем на 100 миль и окружен многими мелкими островками. Бухты и фиорды расчленяют его южные и особенно северные берега. Ряд гор на острове имеет высоту свыше 2000 м, а гора Паджет — 2934 м. Некоторые ледники на острове доходят до моря.

Примерно в 40 милях далее на юго-восток от о. Южная Георгия располагаются скалы Клерк, связанные с островом единым шельфовым доколом.

Группа Южных Сандвичевых островов состоит из 11 небольших островов. Самые северные из них — острова Траверсе. Они объединяют о. Завадовского, о. Лескова и о. Высокий (или Торсона). В центре находятся острова Кандлмас, Виндикейшен, Сондерс, Монтагью и Бристол,

на юге — острова Южные Туле. Вся очень узкая дугообразная цепь Южных Сандвичевых островов протягивается на 210 миль. Самый большой и высокий из островов — о. Монтагью, наивысшая точка которого — гора Белинда достигает 1372 м. Южные Сандвичевы острова являются действующими или потухшими вулканами. Вулканическая деятельность в течение последних десятилетий зафиксирована на островах Завадовского, Высоком (Торсона), Кандлмас, Сондерс, Бристол и островах Южные Туле. Проливы, разделяющие острова, изучены недостаточно, большинство из них — глубоководные.

Южные Оркнейские острова находятся на севере значительной шельфовой платформы, расположенной между морями Скотия и Уэдделла. К юго-востоку от этой платформы, в пределах моря Уэдделла, известна крупная подводная возвышенность — банка Барт, минимальная глубина которой — 130 м. Группа Южных Оркнейских островов, простирающаяся с запада на восток приблизительно на 70 миль, включает два крупных острова — Корнейшен и Лори и многочисленные мелкие острова и скалы. Среди мелких островов можно упомянуть острова Поуэлл, Синьи, Фредриксен. На Южных Оркнейских островах широко развиты многочисленные ледники. Наибольшую высоту имеет о. Корнейшен, одна из гор которого достигает 1640 м.

Гряда Южных Шетландских островов вместе с отделяющим от их северной оконечности Земли Грейама проливом Брансфилд относится к проливу Дрейка. Гряда простирается с юго-запада на северо-восток на 290 миль и в этом же направлении вытянуты наиболее крупные ее острова: Мордвинова (Элефант), Ватерлоо (Кинг Джордж), Смоленск (Ливингстон). В группу Южных Шетландских островов входит еще девять островов, менее значительных по своей площади, и ряд мелких островков и скал. Многие острова гористы, широко распространены ледники. Наивысшая точка о. Шишкова (Кларенс) достигает 2300 м, о. Смоленск — 1788 м, о. Бородино — 2012 м. Большой интерес вызывает о. Десепшен (Тейля), представляющий собой вулканическое образование с затопленной кальдерой. Берега многих островов сильно изрезаны, причем большей изрезанностью отличаются южные побережья. Межостровные проливы мелководны, за исключением проливов, отделяющих крайние северо-восточные (Мордвинова и Шишкова) и юго-западные (Бородино и Лоу-Айленд) острова. Пролив Брансфилд — крупная вытянутая и ассиметричная впадина с максимальной глубиной 2663 м. Рельеф дна в проливе сложный и расчлененный. Подводные пороги, лишь на северо-востоке и востоке прорезаемые сравнительно узкими понижениями дна типа желобов, в значительной степени отделяют его от смежных областей. Большие глубины сосредоточены вблизи Южных Шетландских островов.

Земля Грейама, иногда называемая Антарктическим полуостровом или Землей Палмера, является самой северной частью Антарктического континента. Крайний северо-восточный ее участок — полуостров Тринити и продолжающий его о. Жуэнвиль образуют южное побережье пролива Брансфилд. Для этого выступа Антарктики весьма характерны различия в рельефе между районами, обращенными в сторону пролива Брансфилд и в сторону моря Уэдделла. Первые выделяются широким развитием горных цепей, рассматриваемых часто в качестве антарктического продолжения Южноамериканских Анд, глубоко изрезанным побережьем, вторые, напротив, имеют более спокойный рельеф суши, изрезанность побережий менее значительна. Повсеместно большие площади заняты ледниками, а со стороны моря Уэдделла ледники почти сплошь покрывают сушу.

Непосредственно прилежащая к морю Скотия часть пролива Дрейка весьма сходна с западными районами самого моря. Здесь преобладают большие глубины до 4000 м, иногда более, а ориентировка форм подводного рельефа является субширотной. Этот вопрос более детально будет рассмотрен в дальнейшем. Ширина пролива около 500 миль.

Море Скотия выделяется рядом морфологических особенностей. Это крупный бассейн, открытый в сторону Тихого океана и отделяющийся от смежных районов атлантического сектора Южного океана значительными порогами, не являющихся сплошными. Пороги имеют в литературе различные названия, обычно отражающие их дугообразную форму: Андийская петля, дуга Скотия, Южно-Антильская дуга, Южно-Антильский хребет, дуга Беллинсгаузена. Известно, что Беллинсгаузен был первым, кто обратил внимание на подобную особенность рассматриваемой части океана. Впоследствии многие ученые обсуждали данный вопрос с разных точек зрения, и Г. Хердман (1932, 1948), обобщая данные работ «Дискавери», «Вильям Скорсби» и «Дискавери-II» и критически анализируя большинство предшествующих исследований, определенно склоняется к тому, что по периферии моря Скотия от Огненной Земли и о. Эстадос до Земли Грейама и Южных Шетландских островов мы имеем единую морфологическую структуру. Вместе с тем, результаты всех промерных работ, как учтенных Хердманом в его сводках, так и выполненных позднее и не рассмотренных поэтому им, отчетливо показывают расчленение порогов, объединяемых в единую дугу, огибающую большую часть моря Скотия, весьма глубокими и протяженными депрессиями. Так, глубины свыше 3500 м имеются в центре подводных поднятий, отделяющих море Скотия от Аргентинской глубоководной котловины Атлантического океана. Не менее значительны глубины в понижении дна между о. Южная Георгия и северными островами Южной Сандвичевой дуги. Глубины от 2000 до 3000 м известны и между Южными Сандвичевыми и Южными Оркнейскими островами. Подобные чисто морфологические данные представляют немаловажный интерес. Их геоморфологическая интерпретация может быть сделана лишь после анализа других особенностей рельефа дна моря Скотия.

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О ГЕОЛОГИИ РАЙОНА МОРЯ СКОТИЯ

Хорошо известно, что в подавляющем большинстве областей Мирового океана представления об их геологическом строении складываются главным образом на основе изучения геологической структуры окружающей суши, данных морских геофизических исследований, изучения геоморфологии дна и осадочного покрова. Как правило, даже опираясь на все эти материалы, весьма сложно получить достаточно ясную картину о геологии морского дна, недоступного для непосредственного исследования обычными методами геологических работ. Для моря Скотия в этом отношении мы оказываемся в еще более трудном положении, поскольку ни один из необходимых для расшифровки геологического строения разделов не является достаточно освещенным. Более того, по некоторым из них материалы почти полностью отсутствуют или крайне ограничены (данные по осадочному покрову и морских геофизических исследований), а по другим из-за слабой изученности антарктических областей все еще схематичны и не дают исчерпывающей характеристики (геология островных областей и прилежащих районов антарктического континента, геоморфология дна).

Попытки составить более или менее целостную картину геологии рассматриваемого района относительно немногочисленны. Некоторые гео-

логические данные приводятся в сводных работах Г. Шотта (1944) и Г. Хердмана (1948). В более поздних исследованиях эти материалы мы находим в обобщающих статьях Р. В. Фербриджа (1957), Д. Г. Панова (1958), Ф. Махачека (1961), П. С. Воронова (1960), М. Г. Равича (1966) и др. Большое значение имеют также материалы Атласа Антарктики (1966) и новейшие работы А. В. Живаго (1965).

Уже основываясь на особенностях подводного рельефа моря Скотия, можно предполагать, что его большая часть располагается в области перехода от континентальных структур к океаническим и, возможно, в области океанических структур и лишь самые ограниченные участки дна могут иметь континентальную структуру. Геофизические исследования последних лет хорошо это подтверждают (Ewing and Ewing, 1959; Деменицкая, 1961; Ушаков, 1963). Результаты геофизических работ показывают, что районы, находящиеся вблизи Огненной Земли и Фолклендского мелководья, в частности район банки Бердвуд, характеризуются континентальным типом строения земной коры и имеют много общих черт с Фолклендско-Патагонским шельфом, который, видимо, является подводным продолжением платообразных пространств Восточной Патагонии. В проливе Дрейка и в некоторых западных и восточных глубоководных областях моря Скотия часть дна сформирована на океанических структурах земной коры. Остальные же районы характеризуются переходным типом строения земной коры.

Восточная часть моря Скотия является одним из наиболее сейсмичных участков земной коры вблизи Антарктиды. Правда, его сейсмичность несколько меньше, чем в других областях Мирового океана, где располагаются островные дуги. Данные о сейсмичности в районе моря Скотия приводятся рядом авторов (Гутенберг и Рихтер, 1948; Heezen a. Johnson, 1965). Учитывая, что район высокой сейсмичности совпадает с вулканической дугой Южных Сандвичевых островов и окаймляющим ее глубоководным океаническим желобом, можно констатировать, что на востоке моря земная кора обладает значительной подвижностью, возможно, максимальной в пределах Южного океана и что геологическому строению в этой части моря присущи, несомненно, черты современной геосинклинальной зоны.

Разделение Антарктиды на Западную и Восточную, исходя из резких отличий в их геологии, стало общепринятым после исследований Норденшельда (1913). Как известно, устойчивая древняя глыба Восточной Антарктиды была связана с Гондваной. Западная Антарктида характеризуется развитием гораздо более молодых складчатых образований мезозойского и третичного возраста. Древние породы в отличие от Восточной Антарктиды встречаются здесь ограниченно. Тектонические и геоморфологические особенности горных сооружений Западной Антарктиды, сформировавшейся сравнительно недавно, во многом сходны с особенностями наиболее южных цепей американских Анд. В том или ином виде аналогичная картина наблюдается и на островных грядах периферии моря Скотия (Фербридж, 1957; Панов, 1958; Новейшие геологические исследования в Антарктиде, 1966).

Кристаллический фундамент, образуемый гнейсами, метаморфизованными сланцами, филлитами, фиксируется на Земле Грейама, Южных Шетландских и Южных Оркнейских островах. На о. Южная Георгия и других островах известны выходы палеозойских пород без более точной датировки их геологического возраста. Мезозойские, преимущественно осадочные образования занимают значительные площади на о. Южная Георгия, Южных Шетландских островах и на Земле Грейама. Они относятся к юрскому и меловому времени и сильно дислоцированы.

Видимо, во многих районах особенно существенно сказалась верхнемеловая (ларамийская) складчатость. Среди мезозойских пород встречаются кислые и основные интрузии. Сланцы с фауной фораминифер верхнемелового и третичного возраста встречены на банке Бердвуд.

Кайнозойские отложения также развиты неравномерно. Новейшие вулканические породы этого возраста достоверно известны на Южных Сандвичевых и Южных Шетландских островах. На Южных Шетландских островах встречаются также четвертичные базальты и туфы. Осадочные и вулканогенные третичные породы обнаружены в ряде районов Земли Грейама. Четвертичные породы представлены здесь также в виде базальтов и туфов. Современный вулканизм, помимо Южных Сандвичевых островов, характерен для некоторых островов Южной Шетландской гряды.

Суммируя имеющиеся данные, Д. Г. Панов намечает основные контуры палеогеографической схемы развития Антарктиды (1958). Он полагает, что западно-антарктическая геосинклиналь заложилась, возможно, еще в кембрийское время и с ней связаны древнейшие трансгрессии моря, охватывавшие как эту, так и смежные обширные области. В результате каледонских движений произошли крупные поднятия, которые привели к отступанию моря и возникновению длительных континентальных условий. В Западной Антарктиде и в прилегающих районах нет широкого развития морских отложений среднего и верхнего палеозоя и раннего мезозоя. Климатические условия были, по-видимому, умеренно-влажными.

Морской режим в рассматриваемой области восстановился в юрское время, однако он, скорее всего, не охватывал все районы одновременно. Наибольшее распространение моря получило в эпоху меловой трансгрессии. Верхнемеловая орогения, сопровождавшаяся внедрениями глубинных пород андийского типа, явилась главным фактором возникновения складчатых образований большинства районов моря Скотия. Многие данные свидетельствуют о существовании здесь материкового соединения между Антарктидой и Южной Америкой в третичное время. Р. В. Фербридж (1957) подчеркивает, что если вулканические процессы в едином поясе, проходящем от Анд через море Скотия к Западной Антарктиде, протекали одинаково и носили тихоокеанский (андийский) характер, то морское и континентальное осадконакопление имело место лишь на Земле Грейама и было распространено намного меньше. Поднятие суши в результате горообразования вызвало некоторое похолодание климата.

В конце третичного периода возникшая суша подвергалась раздроблению и частичному опусканию. Видимо, в это время создалось близкое к современному распределению моря и суши и произошло отделение западной Антарктиды от Южной Америки. Следовательно, море Скотия, возникновение которого и связано с этим чрезвычайно важным для всего южного полушария этапом развития, является весьма молодым геологическим образованием. Происходившее в это время поднятие некоторых горных массивов, сопровождавшееся местными базальтовыми излияниями, определило многие особенности современного рельефа суши и дна моря. Несомненно, что наиболее молодой возраст имеют вулканические острова. Заложение Южной Сандвичевой островной дуги произошло, по-видимому, позднее, чем всех островных цепей и подводных хребтов моря Скотия.

По мнению Д. Г. Панова (1958) и других исследователей, оледенение в Антарктике развивалось постепенно и обуславливалось комплексом геолого-географических причин, вызвавших полное обособление Антарк-

тиды и ее своеобразную орографию в конце третичного периода. Образование ледникового покрова на материке и, видимо, на островах началось раньше, чем это происходило на других континентах. Предполагается, что чередование ледниковых и межледниковых¹ эпох, существенно менявшее климат многих областей земного шара, в Антарктиде было метахронным по отношению к северному полушарию, т. е. оледенение усиливалось в межледниковые эпохи северного полушария и, наоборот, ослабевало в ледниковые. Ледники широко распространены на островах моря Скотия и существенно сказывались и сказываются на рельефообразующих процессах. Можно думать, что их воздействие было особенно значительным при формировании многих особенностей шельфовых платформ и некоторых погруженных впоследствии участков дна на периферийных подводных порогах.

Мы видим, что даже самые схематизированные данные по геологии района моря Скотия свидетельствуют, что общее геологическое развитие и строение его дна и прилежащих участков суши не является идентичным. Море располагается в геологически сложном и неоднородном участке земной коры, и это делает понятным те резкие отличия, которые констатируются в распределении глубин и в геоморфологии его отдельных, иногда казалось бы даже сходных районов.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОМОРФОЛОГИИ МОРЯ СКОТИЯ

В большинстве работ, рассматривающих рельеф моря Скотия, в качестве основных геоморфологических единиц выделяются система поднятий по его периферии, объединяемая обычно в единую дугу, и внутренняя акватория моря (Herdman, 1932, 1948; Schott, 1944; Флеминг, 1957; Панов, 1958; Махачек, 1961; Трешников, 1963 и др.). Только Б. Хейзен и М. Тарп (1961), опираясь на разработанную ими морфологическую схему классификации форм океанического рельефа, дают более детальное и, на наш взгляд, более правильное подразделение моря Скотия по особенностям его подводного рельефа. Б. Хейзен и М. Тарп полагают, что в море Скотия мы имеем сочетание различных форм рельефа, присутствующих на окраине материка. Среди намечаемых ими районов обособляются районы, связанные с шельфом и материковым склоном сложного строения, и морфологический комплекс островной дуги. Какие-либо области с типичными формами рельефа ложа океана в схеме Б. Хейзена и М. Тарп отсутствуют. Глубоководная зона моря Скотия рассматривается как область развития подводных хребтов и поднятий. В отличие от других районов Атлантического океана и районов, прилегающих к Антарктике, Б. Хейзен и М. Тарп не указывают в море Скотия на существование материкового подножья, к которому они относят более пологую часть дна, пограничную между основанием материкового склона и океаническим ложем. Новейшие схемы приводит А. В. Живаго (1965; Атлас Антарктики, 1966).

Схема рельефа моря Скотия (см. рис. 4) составлена на основе всех имевшихся в нашем распоряжении материалов. Она позволяет произвести районирование моря Скотия таким образом, чтобы оно отражало специфику геологической структуры его дна и важнейшие особенности геоморфологии подводного рельефа.

Зона континентальных структур, как мы видели, занимает малую площадь. Она прослеживается непосредственно вблизи Огненной Земли,

¹ К. К. Марков (1967) подчеркивает, что при очень раннем развитии оледенения Антарктиды ледниковые и межледниковые эпохи отличались лишь степенью оледенения примерно на 20%.

к востоку от которой охватывает хорошо развитый континентальный шельф. Этот шельф представляет собой наиболее южную часть всего шельфового обрамления юго-восточного побережья Южной Америки, максимальная ширина которого в районе Фолклендских островов достигает 450 миль. Узкий и сравнительно глубокий желоб (до 2235 м) отделяет Фолклендское мелководье от континентального шельфа, включаемого в море Скотия и состоящего из шельфовой площадки о. Эстадос и банки Бердвуд. Это типичный эпиконтинентальный шельф с пологим и мало расчлененным рельефом. Выравнивание в результате абразионно-аккумулятивных процессов сгладило многие выступы, однако на банке Бердвуд, частично исследованной во время экспедиционных работ научно-промысловом судном «Академик Книпович», сохранились выходы молодых коренных пород осадочного происхождения. Покров современных осадков небольшой. Грунты банки Бердвуд обеднены терригенным осадочным материалом и содержат много органогенного детрита. Можно думать, что значительная подвижность придонных вод в районе банки обуславливает заметное преобладание абразионных процессов над аккумулятивными.

Вторая область континентальных структур находится вблизи юго-западной оконечности моря Скотия за пределами общепринятых его границ. Здесь вдоль Земли Грейама располагается самая северная часть антарктического шельфа, которая связана в свою очередь с шельфовыми площадками Южных Шетландских островов и о. Жуэнвиль. Область не является единой. Если к востоку и северо-востоку от оконечности Земли Грейама можно предполагать развитие эпиконтинентального шельфа, то к северо-западу от этой же оконечности шельф имеет признаки геосинклинального, которые особенно четко выражены вдоль Южных Шетландских островов. Окаймляя отроги Антарктических Анд, узкий и сравнительно расчлененный шельф по некоторым особенностям рельефа сближается с шельфом андийского пояса с тихоокеанской стороны Южной Америки.

Зона переходных структур в море Скотия весьма интересна и своеобразна. Основной чертой этой зоны в результате последних исследований можно считать геологическую и геоморфологическую неоднородность, более всего проявляющуюся по периферии моря и в его восточных областях. Западная часть моря — бассейн Бердвуд — характеризуется преобладанием субширотных структур, восточная — Южно-Оркнейский бассейн — субмеридиональных (см. рис. 4). Как отмечалось, широко распространено представление, что вся периферия моря представляет непрерывную единую дугу. Сейчас вряд ли можно придерживаться столь категоричного определения. Действительно, на севере, востоке и юге моря располагаются подводные поднятия — пороги, отделяющие большую часть моря Скотия от смежных океанских пространств. Но далеко не везде они тесно связаны друг с другом и имеют непосредственные переходы. Островные группы, увенчивающие некоторые части этих порогов, весьма различны по своей геологии. Поэтому можно предполагать, что и сами пороги геологически разнородны.

Точную границу между зонами переходных и океанических структур по имеющимся данным провести трудно. Можно предполагать, что зона океанических структур характеризуется сложными очертаниями, смещена в сторону Тихого океана и ее изучение будет иметь существенное значение для выявления многих геофизических и геологических закономерностей юго-западных областей Атлантического океана.

В пределах моря Скотия наблюдается переход от более древних и консолидированных структур, выраженных в рельефе дна блоками

о. Южная Георгия и Южных Оркнейских островов, к геотектоническому и морфологическому комплексу Южной Сандвичевой островной дуги. Этот переход прослеживается в восточном направлении. Южные Сандвичевы острова и глубоководный океанический желоб восточнее их являются одним из наиболее молодых геологических образований в районе моря Скотия. Возможно, что их положение — следствие всей геологической структуры восточных областей моря. Наличие более древних и сравнительно устойчивых элементов рельефа дна, отражающих определенные геоструктурные черты в восточной части моря, предопределило расположение островной дуги и, следовательно, особенности связи между севером и югом моря. Таким образом, соединение о. Южная Георгия с поднятиями дна на юге моря правильнее вести не через цепь Сандвичевых островов, а через систему подводных хребтов субмеридионального простиранья, расположенных в Южно-Оркнейском бассейне моря Скотия.

Субширотными морфоструктурами переходной зоны являются поднятия — пороги, известные на севере и юге моря, узкие и вытянутые желоба, часто наблюдаемые вблизи основания порогов, и многие глубоководные равнины, нередко разделяемые подводными хребтами; субмеридиональными морфоструктурами — подводные хребты на востоке моря и комплекс Южно-Сандвичевой островной дуги.

Поднятия — пороги имеют вершинную поверхность и склоны, обычно выделяющиеся сложным расчленением (см. рис. 3).

Очень хорошо особенности порога прослеживаются на профиле к востоку от Фолклендских островов (см. рис. 3), где порог смыкается с Фолклендским краевым плато, отделяясь от него широтным желобом.

Склоны порогов обычно охватывают глубины до 3000 м, а в некоторых случаях до 4000 м. Они, как правило, расчленены подводными долинами и характеризуются значительной крутизной как в целом, так и на своих отдельных участках. Уклоны достигают иногда 10—15° и более. Глубинное положение вершинной поверхности порогов меняется в больших пределах (от нескольких сотен метров до 2000 м и более), свидетельствуя о большой роли неотектонических движений в формировании ее современного облика. Некоторые участки вершинной поверхности выровнены абразионно-аккумулятивными процессами. Но в целом, насколько можно судить по имеющимся данным, степень ее выравнивания под действием абразионно-аккумулятивных факторов гораздо меньше, чем островных шельфовых площадок, являющихся вместе с островами наиболее высокими участками вершинной поверхности.

Интересной особенностью моря Скотия является наличие желобов, вытянутых обычно вдоль склонов порогов у их основания. Глубина дна в желобах доходит до 4500—5000 м и более (см. рис. 3). Склоны желобов крутые. Как правило, желоба не связаны между собой, но их линейное положение у основания склонов позволяет думать о единой системе этих морфоструктурных элементов и предполагать, что их образование обусловлено общим фактором. Особенно много желобов к югу от склона банки Бердвуд и к востоку от нее и севернее Южных Оркнейских островов. Понижение дна по сравнению с окружающими глубинами в желобах достигает 500—1000 м. Генезис и морфология желобов требует специального изучения.

Система Южной Сандвичевой островной дуги состоит из островной цепи, отдельные возвышенности которой поднимаются над более выравненным дном на 2500—3000 м, представляющим собой, видимо, субмеридиональную возвышенность, и глубоководного океанического желоба, который расположен на небольшом расстоянии от островной цепи. Ост-

рова-вулканы, действующие и потухшие, представляются как бы наложенными на подводную возвышенность. Это заключение вытекает из литературных данных (Heezen a. Johnson, 1965), а также единичных наблюдений экспедиции судна «Академик Книпович» на севере островной дуги.

Подобно многим другим глубоководным океаническим желобам Южно-Сандвичев характеризуется крутыми склонами, высота которых составляет 3000—4000 м. Днище желоба очень узкое, склоны асимметричны, однако в меньшей степени, чем это известно для некоторых других желобов, западный склон несколько круче восточного. Контрасты глубин в районе Южной Сандвичевой островной дуги очень велики. Разница в гипсометрических отметках между наивысшей точкой Южных Сандвичевых островов и максимальной глубиной желоба составляет почти 10 000 м, причем эти точки удалены друг от друга всего лишь примерно на 100 миль. Несмотря на то, что в некоторых последних работах рельеф дна в районе островной дуги рассмотрен сравнительно подробно (Goodel, 1964; Heezen a. Johnson, 1965), данных о степени расчленения дна и его особенностях все еще недостаточно. Южно-Сандвичев желоб более изогнут относительно меридиана, чем островная цепь. Длина желоба в пределах изобаты 5000 м около 600 миль, изобаты 6000 м — примерно 450 миль. Восточнее желоба намечается крупный океанический вал, сложное пологое поднятие дна с глубинами около 4000 м, на котором, по данным Б. Хейзена и М. Тарп (1961), предполагается наличие небольших подводных хребтов.

Система подводных горных хребтов на востоке моря Скотия, своего рода подводное нагорье, достигает ширины 200 миль. Превышение вершин подводных хребтов над разделяющими их долинами колеблется от нескольких сот метров до 1000 м. Точное число хребтов и их расположение пока еще не установлено и требует уточнения. Подводные хребты особенно хорошо выражены на юге восточной части моря Скотия, где они простираются до границы с морем Уэдделла. По ограниченным материалам как литературным и картографическим, так и полученным в результате экспедиционных исследований научно-промыслового судна «Академик Книпович», остается неясным, прослеживаются эти хребты дальше на юг и каким образом они сочленяются с поднятиями дна к востоку от Южных Оркнейских островов. Есть основания предполагать, что субмеридиональные направления преобладают и здесь над субширотными.

К северу подводные хребты понижаются. Непосредственно к подводному цоколю о. Южная Георгия они приближаются лишь в самой восточной части. На западе же к югу от островной платформы отходят небольшие поднятия, которые не образуют единой цепи, но, по-видимому, связаны с отрогами подводных хребтов. Значительные участки дна здесь являются глубоководными равнинами (см. рис. 4).

Сходная система подводных хребтов намечается и к северу от Южных Оркнейских островов. За пределами крутого островного склона и расположенных вдоль него желобов субмеридиональные поднятия констатируются не только непосредственно в районе, прилежащем к островам, но и восточнее и западнее (почти до Южных Шетландских островов). Превышение поднятий дна над понижениями здесь еще больше, чем в районе подводных хребтов на востоке моря и иногда достигает 2000 м, однако сами хребты несколько короче и севернее 58°30' ю. ш. их продолжения пока не установлены. Правда, Б. Хейзен и М. Тарп (1961) указывают ряд небольших поднятий, простирающихся субмеридионально к югу от района скал Шаг и как бы ориентированных с севера на юг

навстречу поднятиям Южно-Оркнейских хребтов. Но они разделены субширотной подводной равниной с глубинами 3200—3600 м и отдельными впадинами с глубинами свыше 4000 м.

По последним данным, в поднятиях дна между Южными Оркнейскими и Южными Шетландскими островами субмеридиональные простирания, связанные, видимо, с аналогичными простираниями Земли Грейама и Южных Шетландских островов, также выражены более четко, чем субширотные.

Таким образом, вся восточная половина моря Скотия по особенностям своего подводного рельефа может рассматриваться как погруженная, преимущественно горная страна. Основные направления этого рельефа позволяют высказать предположение о том, что связь между северными и южными островными поднятиями происходит не вдоль узкой дугообразной зоны, петлеобразно огибающей восток моря, а на обширной части моря через многочисленные подводные хребты и поднятия субмеридионального простирания.

Западная половина моря более глубоководна. Здесь преобладают подводные равнины с глубинами, превышающими 3500 м, являющиеся областями абиссальной аккумуляции. Но подобные равнины не занимают всю площадь дна, а разобщены между собой отдельными вытянутыми поднятиями или хребтами, в пределах которых глубины уменьшаются на несколько сотен метров. Направление хребтов и поднятий различное. Вблизи континентального шельфа южной оконечности Американского континента они в общем ориентированы параллельно внешнему краю (кромке) шельфа. В частности, такие поднятия обособляют одну из наиболее глубоких равнин моря Скотия южнее банки Бердвуд. На одном из поднятий находится банка Райн с минимальной глубиной 121 м, иногда рассматриваемая как подводный вулкан. К северу от Южных Шетландских островов распространены субширотные направления подводных поднятий и впадин.

Почти повсеместно на западе моря степень расчлененности дна на больших глубинах меньше, чем на востоке. Как правило, меньше уклоны отдельных положительных и отрицательных элементов рельефа. Все это заставляет считать западную половину моря резко отличной от восточной. Возможно, что одной из причин является то, что наиболее глубоководные и выравненные ее области сформированы на океанических структурах земной коры.

В настоящей работе не ставится задача дать подробное описание всех основных геоморфологических районов моря Скотия. Поскольку при исследованиях научно-промыслового судна «Академик Книпович» было выявлено большое промысловое значение акваторий, примыкающих к о. Южная Георгия и к Южным Оркнейским островам, мы останавливаемся на более детальной геоморфологической характеристике именно этих районов.

РАЙОН о. ЮЖНАЯ ГЕОРГИЯ

Район о. Южная Георгия охватывает часть моря Скотия к западу от острова до скал Шаг и к востоку до скал Кларк. Располагается этот район на северо-восточной окраине моря и является составной частью поднятий, отделяющих море Скотия от Атлантического океана с севера.

Западная граница района проходит по желобу с глубинами свыше 3000 м, разделяющим поднятия дна у о. Южная Георгия от поднятия банки Бердвуд, северная и южная — по подножию островных склонов (глубина около 3000 м) и восточная — по стыку островного склона

о. Южная Георгия с западным склоном Южно-Сандвичевого желоба. Таким образом, район располагается между 53° — $55^{\circ}30'$ ю. ш. и 34 — 47° з. д., имея протяженность около 400 миль и ширину до 100 миль.

Первые наиболее достоверные данные о рельефе дна вокруг о. Южная Георгия и скал Шаг были получены во время исследований «Дискавери» (1926—1927 гг.), «Вильям Скорсби» (1926—1931 гг.) и «Дискавери-II» (с 1930 г.). Больше всего промеров сделано во время работ «Дискавери-II». В прибрежной части о. Южная Георгия значительное количество данных о глубинах было собрано во время гидрографических работ в 1932 г. под руководством И. Чаплина. Работы на «Метеоре» и «Квесте» дали дополнительные данные о глубинах. Почти все эти промерные работы вокруг о. Южная Георгия и разрезы между о. Виллис и скалами Шаг выполнялись попутно при планктонных исследованиях на расстоянии до 100—120 миль от суши.

Результатом исследовательской работы явилась батиметрическая карта о. Южная Георгия, опубликованная Г. Хердманом (1932).

Из батиметрической карты видно, что вокруг о. Южная Георгия развит достаточно обширный и сложный по своему рельефу шельф. Ширина его в различных участках не одинакова. Юго-западные и западные части обладают большей шириной, но в то же время меньшей расчлененностью. Островной склон везде крут. Сложнее устроен он в северо-восточной части района. Значительной глубиной (по данным карты) обладает понижение дна между о. Южная Георгия и поднятием дна со скалами Шаг, резко возвышающимся с океанического ложа, представляющее собой, по существу, желоб.

Более поздние промеры судов комитета «Дискавери» и прежде всего «Дискавери-II» каких-либо существенных дополнений в имевшиеся представления о рельефе дна района о. Южная Георгия не внесли (Herdman, 1948).

Значительные гидрографические работы близ о. Южная Георгия были проведены в 1958—1961 гг. Гидрографической службой Великобритании.

На основе собранных материалов были изданы крупномасштабные морские навигационные карты (1:250000 и крупнее). Основная масса промерных данных относится к шельфу и главным образом к его прибрежной части. Эти промерные материалы подтверждают сложное строение шельфа. Так, например, шельф о. Южная Георгия прорезают многочисленные подводные долины, располагающиеся на продолжении большинства крупных фиордов острова. Они достаточно четко оконтуриваются 200-и 300-метровыми изобатами. На шельфе к северу от о. Южная Георгия подводных долин больше, чем к югу от него. Несмотря на значительное число промерных точек, их все же оказалось недостаточным для полной характеристики рельефа дна. Они не позволяют, например, установить границу шельфа, характер перехода его к островному склону, строение устьевых частей долин и т. д., т. е. элементов дна, оказывающих существенное влияние на изменение гидрологических, гидрохимических и гидробиологических условий, с которыми связано интересное нас распределение криля.

В связи с этим во время работ научно-промыслового судна «Академик Книпович» в этом районе помимо попутных эхолотных промеров, как уже отмечалось, была проведена специальная сравнительно небольшая по объему эхолотная съемка рельефа дна западных участков северного склона о. Южная Георгия (см. рис. 3). Эти материалы, хотя и существенно дополнили имевшиеся ранее, но не явились достаточными для полного и достоверного суждения о строении рельефа дна в этом участке.

Основываясь на перечисленных материалах, в рельефе дна можно выделить островной шельф, уступ островного склона и нижнюю часть островного склона или подножие склона. Они прослеживаются как в районе о. Южная Георгия, так и скал Шаг.

Скалы Шаг представляют собой обособленную группу из четырех скал, расположенных близко друг от друга, с максимальной высотой около 73 м. В 10 милях к юго-востоку от скал Шаг находится скала Блэк-Рок высотой всего 3 м, а к востоку от нее еще одна скала, лежащая на уровне океана. Интенсивное разрушение скал морем привело к образованию исключительно крутых склонов.

Окружающий скалы Шаг шельф вытянут с запада на восток на 60 миль. Максимальная ширина шельфа в центральной части не превышает 20 миль. Шельф ровный, со средней глубиной около 150 м. Граница шельфа выражена четко и расположена на глубине 230—240 м. Небольшой участок дна с глубинами около 150 м, по-видимому, также шельфовая площадка, расположен в 50 милях к западу от скал Шаг.

Склоны поднятия скал Шаг не одинаковы. Северные и юго-западные склоны крутые и резко снижаются до глубин 1500—2000 м и реже до 3000 м. Южный склон в начале имеет небольшой уклон (до 1000 м), а затем крутизна его значительно возрастает. Подножие склона на юге скал Шаг располагается на глубине около 3000 м.

К западу от скал Шаг располагается подводный хребет, отдельные вершины которого имеют минимальную глубину в пределах 1300—1600 м. С севера и юга его ограничивают сложные и крутые склоны с основанием на 3000 м. На запад он раздваивается и, постепенно понижаясь, исчезает вблизи желоба, разделяющего район банки Бердвуд от о. Южная Георгия.

Островные склоны банки Шаг расчленены многочисленными подводными долинами и каньонами. На востоке банка Шаг через серию отдельных подводных возвышенностей с глубинами 232, 413 и 875 м смыкается с платформой о. Южная Георгия. Расположенное между ними понижение дна с глубиной 1650 м является, по существу, седловиной в общем поднятии, на котором расположены скалы Шаг и о. Южная Георгия и не нарушает целостности геоморфологического района, как это предполагалось ранее. Геоморфологическое строение платформы о. Южная Георгия и скал Кларк заметно сложнее. Сложность его в значительной мере обусловлена геологическим строением.

Берега о. Южная Георгия сложены главным образом осадочными породами, среди которых преобладают глинистые сланцы, аргиллиты и филлиты. Изредка среди упомянутых пород встречаются радиоляриевые сланцы и сланцевые известняки. По возрасту более древними являются кварцевые граувакки, сланцы, филлиты и алевролиты. Более молодые породы представлены сланцами, аргиллитами и туфами. Изверженные породы распространены в районе фиорда Дригальского, и они моложе осадочных.

Вдоль центральной части острова протягивается высокая горная цепь Аллардайс, отдельные вершины которой достигают более 2000 м. Горная цепь покрыта льдами и снегом, создающим типичный горно-ледниковый ландшафт. Берега острова расчленены фиордами, обрывисты и частично покрыты льдами. Ледниковая и морская абразия привели к формированию вдоль побережья многочисленных скал. Глубина в фиордах значительно больше, чем в их устьевых и предустьевых пространствах. Как обычно, у устья фиордов располагаются подводные пороги с относительным превышением над дном фиорда до 200 м.

Шельф, как указывалось выше, развит не одинаково в различных участ-

ках о. Южная Георгия. Наибольшего развития шельф получил к юго-западу и к юго-востоку от острова. Данное положение обусловлено, по-видимому, слиянием двух или нескольких подводных хребтов, идущих с юга, при изгибе их в западном направлении. Продолжением этой сложной системы хребтов является поднятие с скалами Шаг. Внешняя граница шельфа размещается на глубине примерно 250 м, причем переход шельфа к островному склону происходит крайне резко. Резкость перехода иногда усиливается еще тем, что самый край шельфа несколько приподнят по сравнению с внутренней частью и имеет вид как бы барьера высотой до 30—40 м (см. рис. 2).

Поверхность шельфа в результате расчленения в значительной своей части неровная. Здесь выделяются следующие формы мезо-и микрорельефа: подводные долины, гряды, пологие возвышенности, структурные выступы и скалы. Следует отметить неравномерность расчленения шельфа. Более широкие участки расчленены слабее узких.

Сложность поверхности шельфа в первую очередь определяется изрезанностью его подводными долинами. Своими вершинами они почти повсеместно примыкают к устьям фиордов. Подводные долины по своей морфологии весьма многообразны. Участкам развитого шельфа свойственны широкие долины. Примером может быть долина на шельфе к югу от о. Южная Георгия, вершина которой располагается близ центра острова (рис. 5). В начале она имеет широтное простираие, примерно с середины изменяет направление на меридиональное. Подводные долины северо-западного сектора острова узки, коротки и относительно глу-

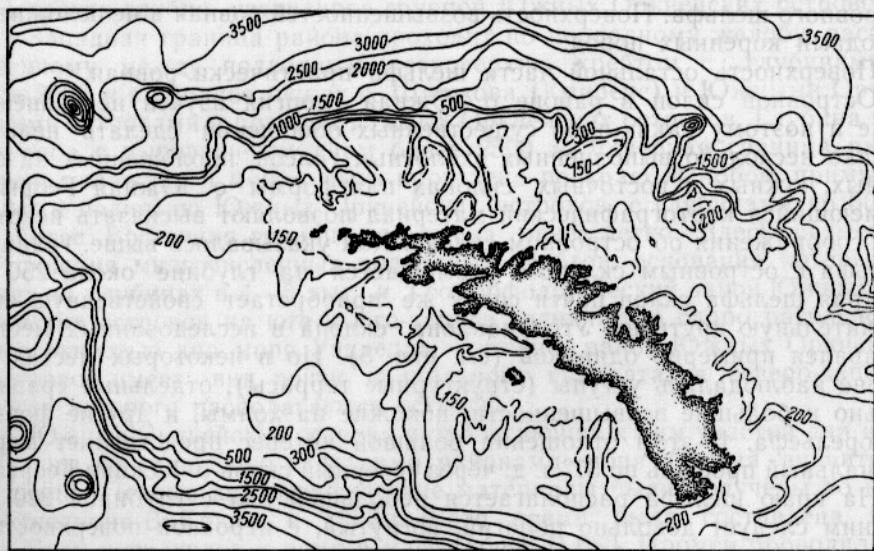


Рис. 5. Батиметрическая схема района о. Южная Георгия

боки. Глубины в 300 м размещаются сравнительно близко к вершинам. Склоны асимметричны — западные круче и короче. Промежуточного типа долины расположены с северо-восточной и отчасти с южной стороны острова (см. рис. 5). Они все хорошо оконтуриваются 200-метровой изобатой и на больших глубинах вплоть до края шельфа почти совсем не выражены. Днища глубоководных и коротких долин обычно плоские и ровные. Края их и склоны часто осложнены выходами коренных пород

в виде скал и уступов. В долине, привязанной своей вершиной к фиорду Розита, коренные породы выходят не только по краям, но и в центральной части плоского дна. Изредка наблюдается продолжение долин на островном склоне. Однако долины северо-западной части шельфа устьем своим проникают лишь в самые верхние участки островного склона.

Гряды на шельфе о. Южная Георгия распространены довольно широко и появление этих форм рельефа обусловлено, видимо, эродирующей деятельностью речных потоков при более низком положении уровня моря в прошедшие эпохи. Размещены они, как правило, на водоразделах между долинами и в большинстве случаев нормально к берегу. Наиболее типична гряда к востоку от подводной долины Розита. Она тянется почти строго в северном направлении более чем на 20 миль, и ее гребень располагается на глубине 135 м. Гряда практически плоская и лишь незначительно наклонена от своей оси к востоку и западу. Глубже 150 м наклон гряды возрастает, и глубже 200 м ее склон переходит в крутой склон долины. Поверхность гряд и водораздельных пространств северо-западной группы долин в отличие от широких участков шельфа изобилует мелкими неровностями, видимо, из-за ледниковой деятельности и препарации неодинаковых по прочности подстилающих слоев.

Иной облик имеют подводные возвышенности на широком шельфе. Они обычно округлой формы в плане, занимают сравнительно большие площади и обладают очень пологими склонами. Верхние части возвышенностей располагаются также в пределах 150-метровой изобаты. Характерным является размещение их в большинстве случаев близ края островного шельфа. Поверхность возвышенностей ровная и не осложнена выходами коренных пород.

Поверхность остальной части шельфа практически ровная.

Островной склон в районе о. Южная Георгия изучен несравненно хуже и поэтому каких-либо существенных обобщений сделать нельзя. Однако несколько выполненных эхолотных галсов, проложенных на северных, южных и восточных склонах платформы о. Южная Георгия, и имеющийся картографический материал позволяют высказать некоторые соображения об островном склоне. Как указывалось выше, граница шельфа с островным склоном размещается на глубине около 250 м. От края шельфа склон почти сразу же приобретает свойственную ему значительную крутизну. Угол наклона склона в исследованных местах оставался примерно одинаков (см. рис. 5). Но в некоторых местах на склоне наблюдались уступы (структурные террасы), отдельные сравнительно небольшие возвышенности, похожие на холмы, и другие формы мезорельефа. В этом отношении большой интерес представляет меридиональный профиль по 37° з. д. через северный склон о. Южная Георгия.

На краю шельфа располагается небольшой вал с глубиной 220 м. За ним следует довольно пологий, вогнутый, с неровной поверхностью склон, который на глубине 1000 м прерывается вытянутым вдоль склона поднятием с относительным превышением около 330 м. Глубина на этом поднятии близка к 700 м. Ширина поднятия сравнительно невелика. За поднятием следует очень крутой склон. На 1200 и 1450 м располагаются узкие, по-видимому, структурные террасы, а на 1730—1760 м — неровная, шириной в несколько миль площадка. Расположенный глубже участок склона крут и прям и лишь на глубине 2600 м имеет небольшой изгиб. Нижние части склона очень сложно устроены и представляют собой холмистую поверхность. Высота холмов доходит до 100—150 м.

Аналогичный вид имеет островной склон, расположенный несколько западнее.

Островной склон к югу от о. Южная Георгия не менее крут и сложен, что подтверждается проведенными здесь промерами (см. рис. 5).

Для островного склона о. Южная Георгия характерна также значительная расчлененность подводными каньонами и долинами. Судя по нашей карто-схеме (см. рис. 5), ранее составленным картам и литературным материалам, подводные долины и каньоны распространены здесь, хотя и неравномерно, но вдоль всех склонов. Глубина врезания, сложность и крутизна не всюду одинаковы и они редко сопрягаются с долинами на шельфе. Генетически долины склона и шельфа, очевидно, различны, и случаи их совмещения обусловлены приуроченностью шельфовых долин к вершинам долин склона. Этот вывод подтверждается отсутствием продолжения подводной долины Розита на островном склоне.

Строение подножия островного склона известно крайне недостаточно. Можно предполагать, что оно довольно разнообразно, поскольку к основанию склона примыкают как повышенные участки дна в виде хребтов, так и глубоководные впадины и выровненные участки поверхности дна. Так, например, на востоке от о. Южная Георгия его островной склон смыкается со склоном океанического желоба; на северо-западе — подножие пологое и широкое, а на юго-западе — крутое и узкое.

РАЙОН ЮЖНЫХ ОРКНЕЙСКИХ ОСТРОВОВ

Район Южных Оркнейских островов охватывает часть моря Скотия и моря Уэдделла. Он представляет собой компактное, единое поднятие с морских глубин, увенчанное группой Южных Оркнейских островов.

Западная граница района проходит по подводному желобу, расположенному между подводным островерхим хребтом с глубинами менее 2000 м в проливе между о. Шишкова (Кларенс) и Южными Оркнейскими островами и цоколем Южных Оркнейских островов. Глубина этого желоба с выровненным дном более 2500 м. Северная граница района очень сложная и может быть проведена по краю желобов, примыкающих к поднятню Южных Оркнейских островов, с глубинами до 5000 м и более. Восточная граница выражена менее четко. Здесь размещены окончания многочисленных подводных хребтов, основания которых лежат на глубинах в 4—5 тыс. м. Геоморфологический район Южных Оркнейских островов на юге и юго-западе граничит со слабо расчлененной поверхностью дна моря Уэдделла. В плане район Южных Оркнейских островов имеет вид почти правильного квадрата, в северо-западной части которого располагаются острова.

Южные Оркнейские острова и прилегающие к ним участки дна исследованы по сравнению с другими районами моря Скотия значительно меньше. Первые картографические материалы были получены во время экспедиции В. Брюса в 1903 г. В это время была составлена карта о. Лори и подходов к нему в масштабе 1:31.680. Промер проводили как со шлюпки, так и со льда до глубин 183 м. В 1935 г. были выпущены карты Южных Оркнейских островов в масштабе 1:200.000 с подробным описанием, составленные на основании больших работ, проведенных в январе 1933 г. экспедицией комитета «Дискавери».

Перечисленные работы позволили получить довольно обстоятельное представление о характере береговой черты, прибрежных участков суши и навигационной обстановки близ островов. Что же касается строения рельефа дна в районе Южных Оркнейских островов, то на основании имевшихся материалов можно было получить самое общее представление о нем. По этим данным шельфовая площадка с глубинами до 250 м

довольно далеко распространяется в широтном направлении. Ее асимметрично оконтуривает выровненная поверхность дна с глубинами до 500 м, которая на севере и западе переходит в крутой склон, а на востоке и юге — в значительно более пологий. В направлении Южных Шетландских островов и гряды Южных Сандвичевых островов от доколя Южных Оркнейских островов отходят, по этим материалам, подводные хребты с глубинами менее 2000 м.

Последующие промеры, главным образом попутные, показали значительную сложность дна в этом районе моря Скотия. Наиболее полное представление о сложности геоморфологического района Южных Оркнейских островов можно получить из физиографической карты Южной Атлантики (Heezen a Tharp, 1961), при составлении которой учтены все данные, имевшиеся до 1960 г. По этим материалам шельф занимает заметно меньшую площадь, чем это представлялось ранее. На севере он обрывается крайне крутым островным склоном, на юге шельф переходит в плоскую поверхность дна с глубинами, как указывалось выше, до 500 м, а на востоке ограничен подводной ложбиной меридионального простираения с глубинами 600—700 м. За ложбиной к востоку куэстообразно с небольшим подъемом в восточном направлении располагается выровненная площадка с глубинами около 510 м, ограниченная либо крутым склоном к глубоководным желобам, либо уступом к следующей сравнительно ровной площадке дна, названной упомянутыми выше авторами краевым плато, с глубинами около 1500 м. Плоские участки дна на таких же глубинах отмечаются на южных и западных склонах поднятия Южных Оркнейских островов, но размеры их значительно меньше. Глубже располагается крутой островной склон.

Промерные работы на судне «Академик Книпович» касались главным образом северо-восточной части района Южных Оркнейских островов и преимущественно островного склона к северу и северо-востоку от о. Лори (см. рис. 3). Полученные материалы показали значительно большую сложность строения рельефа дна в исследованных участках, чем это представлялось.

По имеющимся к настоящему времени материалам можно в рассматриваемом районе охарактеризовать пока лишь в самом общем виде шельф, краевые плато, островной склон и подножие островного склона.

Геоморфологическое строение района Южных Оркнейских островов в значительной мере обусловлено историей формирования этого участка бассейна моря Скотия. К сожалению, данных по геологии и истории развития рассматриваемого участка крайне мало.

Южные Оркнейские острова состоят приблизительно из 40 островов и островков, которые разбросаны на расстоянии 75 миль в направлении с востока на запад. Наиболее крупные острова: Коронейшен, Лори, Пуэлл и Синьи.

Восточные острова (Лори, Сэдл, Фредриксен и др.) сложены преимущественно граувакками. Среди них перемежаются конгломераты и сланцы. В центральной части рассматриваемой группы островов размещены кристаллические известняки, сланцы и метаморфические породы, которые составляют большую часть о. Коронейшен и о. Синьи. Преобладающим простираением пород является северо-западное. Они сильно дислоцированы и разбиты молодыми сбросами. По геологическому строению Южные Оркнейские острова схожи с о. Южная Георгия.

Все острова этой группы гористы, имеют сложно расчлененную береговую линию с многочисленными заливами и бухтами.

Внутренняя часть больших островов покрыта льдами, среди которых выделяются острые гребни и пики. Наиболее расчлененным является

о. Лори. Вдоль средней части о. Коронейшен тянется высокий горный хребет. Наибольшей высоты он достигает в восточной части. К морю берега обрываются круто. Вокруг островов многочисленны небольшие островки и скалы, удаленные часто от берега до 10—14 миль.

Своеобразное строение суши накладывает свой отпечаток на ближайшие к берегу участки шельфа. В пределах 50 м глубины рельеф дна неровный. Многочисленны подводные скалы, которые окружены глубинами более 30 м. Глубины в 100 м расположены сравнительно близко к береговой черте. Шельф к северу и югу от островов различается как по ширине, так и степени расчленения. В этом отношении он напоминает район о. Южная Георгия. Наиболее изрезанными является северный шельф и особенно его часть, примыкающая к о. Лори. Близ его северных берегов берет свое начало крупная и глубокая подводная долина с максимальными глубинами более 400 м, расположенными близ кутовой части. Судя по общему облику долины, поперечным и продольному профилям, она представляет собой затопленный фиорд, формирование которого происходило под мощным воздействием льдов. Устье этой подводной долины прослеживается до 400-метровой изобаты.

Подводная долина, находящаяся около восточных берегов о. Поуэлл

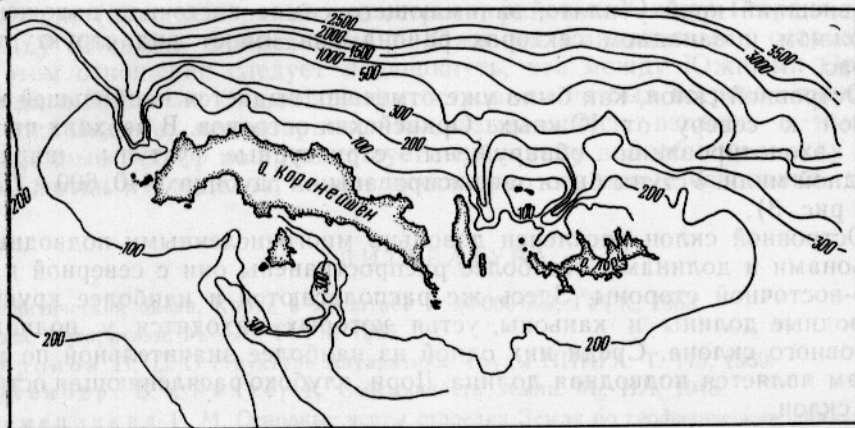


Рис. 6. Батиметрическая схема района Южных Оркнейских островов

также, видимо, является затопленным фиордом. Она прослеживается несколько глубже предыдущей, но не выходит за пределы верхних частей островного склона (рис. 6).

Самая большая долина на шельфе Южных Оркнейских островов расположена к западу от о. Коронейшен. Ширина ее в районе шельфа равна 4 милям, а глубина более 600 м. Продолжение долины можно видеть почти до основания островного склона. Очевидно, происхождение долины иное, чем предыдущих двух, и связано с процессами образования каньонов на островном склоне.

На южном участке шельфа по существу имеется одна большая широкая и относительно неглубокая подводная долина, своими вершинами охватывающая о. Синьи. Внешние края ее оконтуриваются 200-метровой изобатой, а в наиболее глубоких участках наблюдаются отметки в 360—370 м. Судя по наличию более углубленных участков дна, она также подвергалась значительной обработке льдами.

Восточные и западные окраины шельфа Южных Оркнейских остро-

вов, по имеющимся данным, не расчленены подводными долинами, но эхолотные наблюдения указывают на их неровную поверхность.

Переход шельфа в островной склон в северных участках района Южных Оркнейских островов происходит очень резко (см. рис. 3). Граница шельфа по нашим промерным материалам располагается примерно на 250 м, т. е. на тех же глубинах, на каких она размещается у о. Южная Георгия. Промерный галс, выполненный научно-промысловым судном «Академик Книпович» к югу от Южных Оркнейских островов, расположен был не совсем удачно — под острым углом к краю шельфа и поэтому переход шельфа к выровненной поверхности с большими глубинами выражен не четко, но все же заметен изгиб профиля дна на глубине около 240 м.

Примыкающая к шельфу на юге указанная выше выровненная площадка представляет собой волнистую равнину, которая слабо наклонена к внешнему краю.

Краевые плато, генезис которых здесь совершенно неясен, представляют собой довольно хорошо выровненные поверхности дна с отдельными небольшими поднятиями. Края этих плато, как правило, круты и расчленены неглубокими бороздами. В отдельных участках они прорезаются верховьями несложных подводных долин. Максимально расчленен внешний край у плато, занимающего самое восточное положение. В южном и западном секторах района они имеют вид структурных террас.

Островной склон, как было уже отмечено, выдается наибольшей крутизной к северу от Южных Оркнейских островов. В верхних частях при эхолотировании обнаружены структурные уступы шириной до одной мили. Уступы были зафиксированы на глубинах 440, 600 и 700 м (см. рис. 3).

Островной склон расчленен довольно многочисленными подводными каньонами и долинами. Наиболее распространены они с северной и северо-восточной стороны. Здесь же располагаются и наиболее крупные подводные долины и каньоны, устья которых находятся у подножья островного склона. Среди них одной из наиболее значительной по размерам является подводная долина Лори, глубоко расчленяющая островной склон.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Геоморфологические исследования, выполненные в 1965 г. экспедицией на научно-промысловом судне «Академик Книпович» в море Скоттия, дают новые материалы для решения ряда вопросов геологии и геоморфологии одной из своеобразнейших областей атлантического сектора Южного океана. Однако имеющиеся данные все еще недостаточны и нужны дальнейшие работы для углубленной характеристики донного рельефа моря Скоттия.

Рельеф моря гораздо более сложен, чем это представлялось ранее. Море Скоттия, видимо, относится к числу морей с наиболее расчлененным рельефом дна, и это во многом связано с тем, что оно занимает взлбовое положение, находясь в пограничной зоне между Тихим и Атлантическим океаном, с одной стороны, и Южной Америкой и Западной Антарктидой, с другой. Неоднородность строения земной коры и общий ход геологического развития приводят здесь к тому, что основные элементы строения дна периферии Атлантического океана, отчетливо наблюдаемые в более северных областях, не получили столь же ясного выражения.

Новые данные по геоморфологии моря Скотия не позволяют определенно решить вопрос об особенностях связи между Южной Америкой и Антарктидой. Однако они позволяют предполагать, что в этом отношении важную роль играли подводные хребты восточной части моря и что структуры, соединяющие континенты, возможно смещались к востоку в процессе геологического развития района моря.

Общеизвестна важнейшая роль рельефа дна в практике научно-промысловых работ. Исследования в море Скотия подтвердили необходимость четких представлений о распределении глубин в связи с изучением крилевого планктона и его распределения как одного из наиболее перспективных промысловых объектов в водах Антарктики. Установлено, что концентрации криля весьма часто приурочены (в соответствии с гидрологическим режимом и определенными периодами биологического развития криля) к верхней части островных склонов значительной крутизны. В ряде случаев это делало необходимым проведение специальных батиметрических съемок, опираясь на которые можно было более успешно вести поиск скоплений криля.

Детализированные данные о рельефе дна отдельных районов способствовали также тому, что можно было точнее представить себе причины локальных изменений в циркуляции вод, имеющие промысловое значение (Южные Оркнейские острова, район о. Южная Георгия, район между Южными Оркнейскими и Южными Сандвичевыми островами). В этом отношении следует подчеркнуть, что между Южными Оркнейскими и Южными Сандвичевыми островами не был встречен широтный порог. Видимо, неоднократно высказывавшиеся взгляды о том, что подводный рельеф не препятствует глубинному водообмену между морями Скотия и Уэдделла, имеют достаточно серьезные основания.

ЛИТЕРАТУРА

- Атлантический океан. Карта в масштабе 1 : 20 000 000, ГУГК, 1963.
Атлас Антарктики. М.—Л., ГУГК, 1966.
Воронов П. С. О структуре Антарктики. Труды НИИГА. Т. 113, 1960.
Гутенберг Б. и Рихтер К. Сейсмичность Земли. М., ИЛ, 1948.
Деменецкая Р. М. Основные черты строения Земли по геофизическим данным. Труды НИИГА. Т. 115, 1961.
Живаго А. В. Геоморфология и тектоника дна Южного океана. Результаты МГГ. «Океанологические исследования», 1965, № 13.
Зубов Н. Н. и Эверлинг А. В. Моря земного шара. Указатель географических названий БСАМ. Т. 1, 1940.
Марков К. К. и Величко А. А. Четвертичный период. Т. III, М., изд-во «Недра», 1967.
Махачек Ф. Рельеф Земли. Т. 2 (перевод), ИЛ, М., 1961.
Новейшие геологические исследования в Антарктиде. Под редакцией и с предисловием М. Г. Равича. М., «Мир», 1966.
Панов Д. Г. Геологическое строение Антарктики. Геоморфологическая характеристика Антарктики. Сб. «Антарктика». Географическое общество СССР. М., Географгиз, 1958.
Трешников А. Ф. Морфологический очерк окраинных морей Антарктики. Труды Советской Антарктической экспедиции. Т. 17, Л., 1963.
Удинцев Г. Б., Лунарский Г. Н., Маракуев В. И., Баринов Л. Г., Седельников В. Н. Использование фототелеграфного аппарата «Ладога» для регистрации глубин, измеряемых эхолотами. «Океанология». Вып. 6, 1962.
Ушаков С. А. Геофизические исследования строения земной коры в Восточной Антарктиде. Результаты МГГ, «Гравиметрия», 1963, № 4.
Фербридж Р. В. Геология Антарктиды. «Современная Антарктика» (перевод), М., ИЛ, 1957.

- Хейзен Б., Тарп М., Юинг М. Дно Атлантического океана (перевод), М., ИЛ, 1962.
- Ewing J. and Ewing M. Seismic refraction measurements in the Scotia Sea and South Sandwich Island Arc. International Oceanograph. congress, Preprints, Wash., 1959.
- Heezen B. C. and Johnson G. L. The South Sandwich Trench. Deep-Sea Research. V 12, N 2, 1965.
- Heezen B. C. and Tharp M. Physiographic diagram of the South Atlantic ocean, the Carribbean Sea, the Scotia Sea and the eastefn margin of the South Pacific ocean. Columbia University, 1961.
- Herdman H. F. P. Soundings taken during the Discovery investigations, 1932—39. Discovery Reports. V. XXV, Cambridge, 1948.
- Herdman H. F. P. Report on soundings taken during the Discovery investigations, 1926—1932. Discovery Reports. V. VI, Cambridge, 1932.
- Nordenskiöld D. Antarcitis. Handbuch der Regionalen Geologie, L., 1913.
- Schott G. Geographie des Atlantischen ozeans. Hamburg, 1944.