

А.И. Авдеев, В.Н. Белокопытов

## Морфометрические характеристики и расчлененность рельефа дна северной части Черного моря

На основе массива данных подробных эхометрических съемок, проведенных на научно-исследовательских судах МГИ НАН Украины и других организаций, а также картографических материалов рассчитаны морфометрические показатели рельефа дна северо-западного шельфа Черного моря и подводной окраины Крыма. Определены особенности строения основных морфоструктур, проанализированы значения углов наклона дна, показателей вертикальной и горизонтальной расчлененности. Сделан вывод о мелкочастотном характере расчленения дна, отражающем существенную сглаженность рельефа. Крупные региональные структуры окружающей суши, представленные Восточно-Европейской платформой и Крымско-Кавказским орогеном, оказывают непосредственное влияние на формирование рельефа рассматриваемого региона. Приведены оценки соответствия современных цифровых массивов рельефа данным эхометрических съемок в Черном море.

**Ключевые слова:** Черное море, рельеф дна, расчлененность дна, подводные каньоны.

### Введение

Точная информация о рельефе дна и его морфометрических характеристиках важна как для практических целей (навигация, гидротехническое строительство, добыча полезных ископаемых), так и для научных исследований в области океанологии, морской геологии и геофизики. Рельеф дна, объем вод, морфометрия проливов являются очень важными океанографическими характеристиками, так как они во многом определяют основные черты термохалинной структуры и циркуляции вод морского бассейна. Конфигурация береговой черты, крутизна материкового склона, наличие подводных хребтов и впадин влияют на направление и скорость течений, а также на положение и интенсивность топогенных вихревых образований и прибрежного апвеллинга. Морфометрические характеристики и рельеф дна Черного моря ранее рассматривались в общих региональных океанографических описаниях и в ряде работ [1 – 6].

В настоящее время, несмотря на развитие новых методов определения глубин (альтиметрические, гравиметрические, оптические), основным методом съемки подводного рельефа дна остается эхолотирование, проводимое с применением различных систем эхолотов. Частота измерений, в зависимости от назначения эхолота, меняется от долей секунды до нескольких секунд, что создает возможность получения непрерывной записи профиля подводного рельефа дна или набора профилей при использовании многолучевых эхолотов.

На экспедиционных судах МГИ НАН Украины с 1964 г. используются прецизионные самописцы глубин к судовым эхолотам. В 1969 г. был создан специальный автоматизированный промерный комплекс «Рельеф-1» для сбора и обработки информации о рельефе дна и геофизических полях.

© А.И. Авдеев, В.Н. Белокопытов, 2011

Широкое распространение получили современные цифровые массивы рельефа Земли, такие как *ETOPO2* ( $2' \times 2'$ ), *GEBCO 2008* ( $1' \times 1'$ ,  $30'' \times 30''$ ), основанные как на данных эхолотных промеров, так и на данных, полученных с помощью других методов. Предварительное сравнение указанных массивов с морскими навигационными картами Черного моря показало значительные различия в характеристиках рельефа дна для определенных районов континентального склона и глубоководной котловины моря. Так, например, максимальная глубина в Черном море по данным вышеуказанных массивов превышает 2500 м, что не соответствует батиметрическим картам.

## Материалы наблюдений и методика обработки данных

Для определения морфометрических показателей и последующего их анализа выполнена обработка материалов морских навигационных карт и данных о рельефе дна северо-западного шельфа и подводной окраины Крымского п-ова на основе эхометрических съемок, проведенных на научно-исследовательских судах МГИ НАН Украины и других организаций и ведомств в 1970 – 1990 гг. Материалы эхометрических съемок представлены данными 165 меридиональных, широтных и диагональных галсов общей протяженностью 6550 миль в районе подводной окраины Крыма (44 – 45° с. ш., 31 – 36,5° в. д.) и 19 широтных и субмеридиональных галсов общей протяженностью 1647 миль в северо-западной части моря.

Как показала практика геоморфологических исследований [7], наиболее простой по процессу обработки материалов эхосъемки и интерпретации полученных результатов анализа является методика разделения кривой подводного рельефа, получаемой из реальных профилей, на основные определяющие элементы: углы наклона, вертикальное и горизонтальное расчленение дна.

Морские батиметрические карты, при составлении которых невозможно непосредственное обозрение местности, обычное при построении топографических карт, отражают осредненные черты расчлененности подводного рельефа, детали которого частично не фиксируются. Вследствие этого основным источником при изучении расчлененности являются профили рельефа дна, составленные по эхограммам. Исходным материалом служат данные промера глубин, занесенные в отдельные файлы для каждого галса. Файлы содержат координаты начала и конца галса, контрольных или поворотных точек, а также значения глубин и их расстояний от контрольных точек.

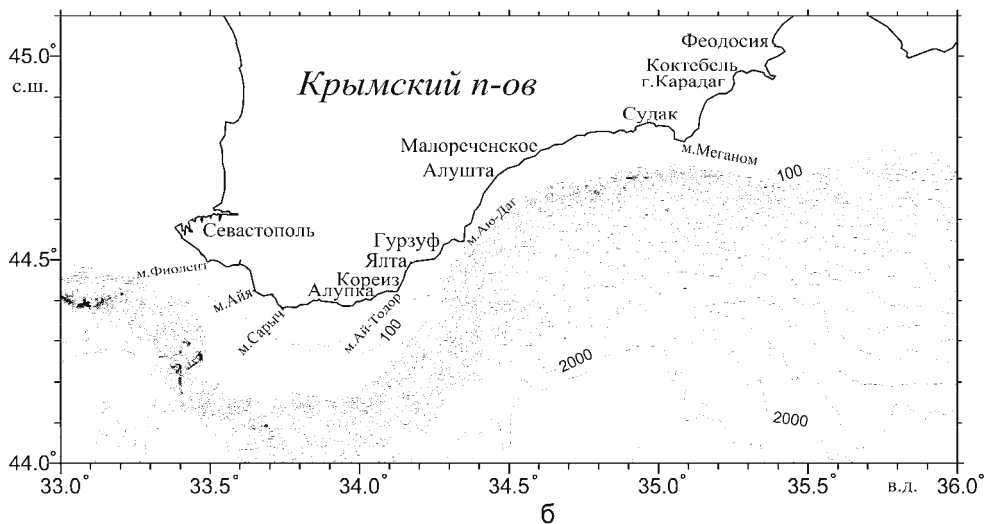
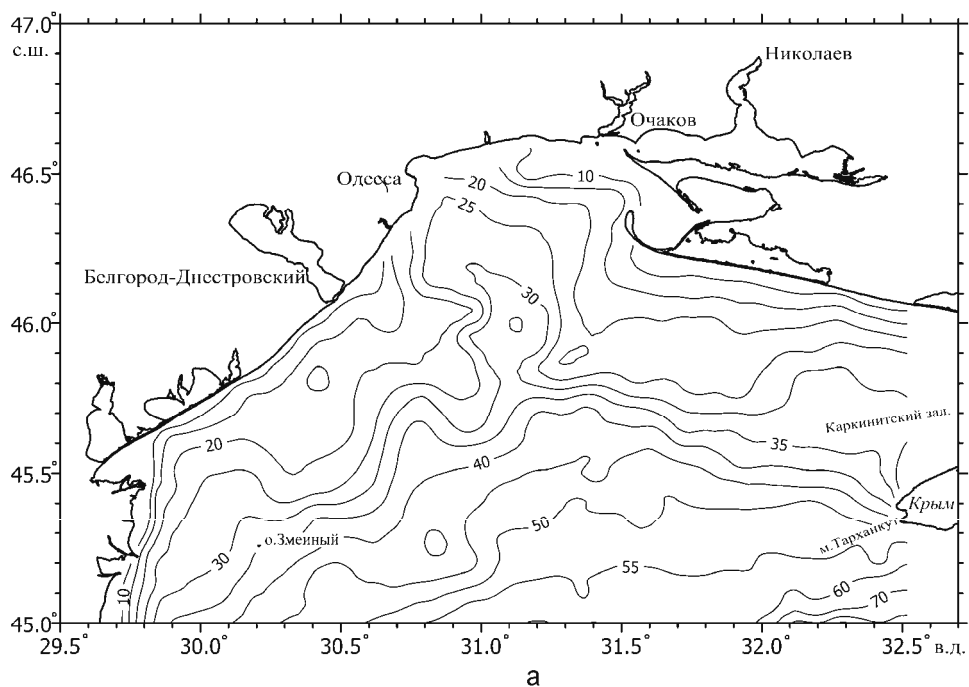
Первый шаг обработки данных состоит в вычислении координат для каждой точки измерения на галсе и построении профиля рельефа дна. График служит для визуального контроля качества исходных данных и отметок на профиле точек перегиба рельефа.

Второй шаг обработки заключается в расчете углов наклона дна между ближайшими точками галса, углов наклона между точками перегиба рельефа, показателей вертикальной и горизонтальной расчлененности, стандартных статистических характеристик. За показатель вертикальной расчлененности принималось вертикальное расстояние между ближайшими точками перегиба рельефа, за показатель горизонтальной расчлененности – горизонтальное расстояние между ближайшими точками перегиба.

На третьем шаге производится построение карт и схем пространственного распределения глубин, углов наклона дна, вертикальной и горизонтальной расчлененности для выбранных полигонов.

### Анализ результатов

**Материковая отмель.** Северо-западная часть Черного моря, расположенная между параллелями 45 и 46,7° с. ш., западной оконечностью Крыма и западным побережьем Черного моря, отличается от соседних акваторий своим мелководьем, достигающим ширины более 100 миль (рис. 1).

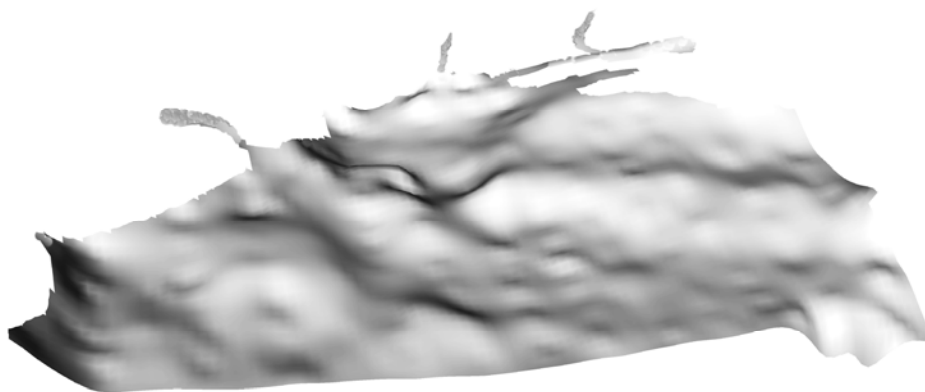


**Р и с. 1.** Общая схема района исследований: *а* – северо-западная часть Черного моря; *б* – подводная окраина Крыма (цифры на кривых – глубина, м)

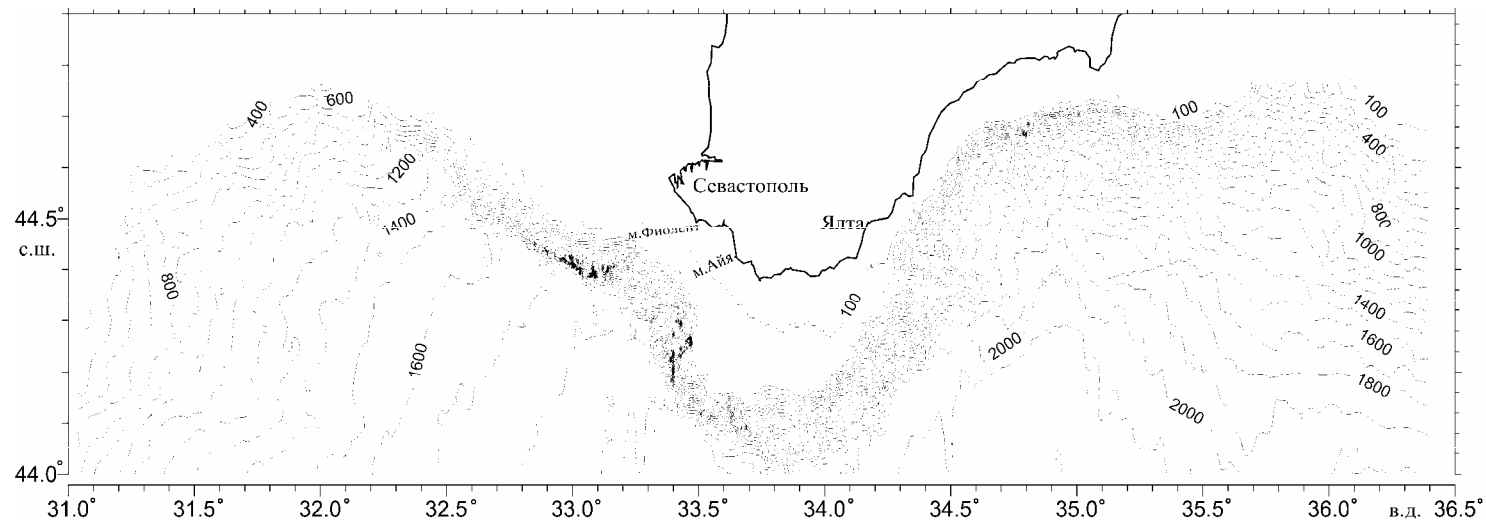
Особенности его строения определяются тектоникой окружающей суши. Эта широкая отмель относится к платформенному типу, представляя собой краевую часть Восточно-Европейской платформы, погружившуюся под уровень моря в результате планетарной трансгрессии, что и предопределило формирование выровненной поверхности шельфа. По данным многочисленных геологических экспедиций [2] всю площадь шельфа занимает аллювиальная равнина. Наиболее выровненной и пологой частью мелководья является прилегающая к берегу зона глубин 30 – 40 м (более 1/3 всей площади

района), образованная в результате интенсивного абразионно-аккумулятивного волнового воздействия. Эта зона характеризуется значениями углов наклона дна  $1 - 2'$ . Остальная часть мелководья выровнена слабее и имеет большую крутизну, которая увеличивается к бровке отмели, углы наклона возрастают, достигая значения  $10 - 12'$ . Глубина внешнего края отмели изменяется в пределах от 100 до 160 м.

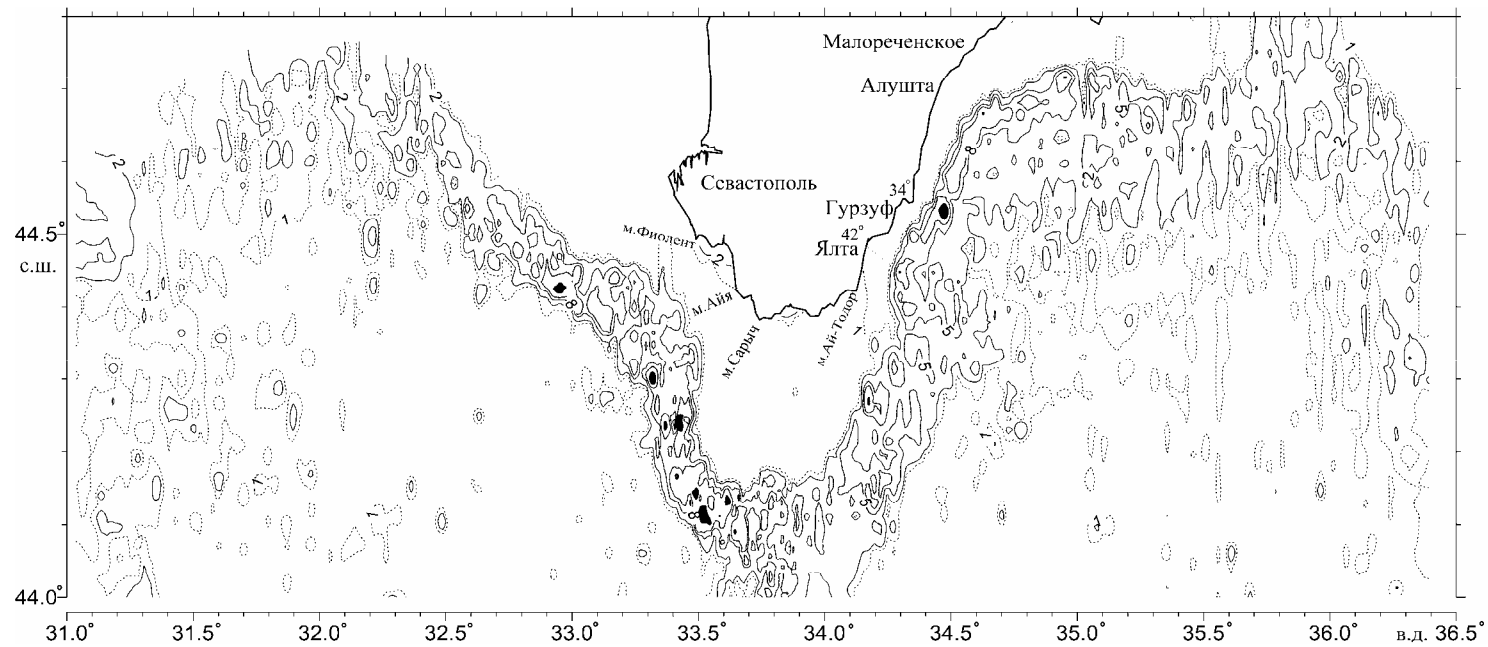
На фоне плоской равнины шельфа выделяются несколько крупных пологих ложбин, разделенных невысокими подводными возвышенностями (рис. 2). Форма ложбин напоминает хорошо разработанные долины крупных рек. Их ширина достигает 10 – 15 миль, а относительные превышения разделяющих их плоских возвышенностей составляет 7 – 10 м. Склоны подводных долин очень пологие, их крутизна редко достигает значений в  $1^\circ$ . Наиболее крупной долиной является Днепровская, она простирается на 280 км от Одесской банки через весь шельф, материковый склон и оканчивается на абиссальном дне. Менее протяженной (240 км) является Днестровская долина. Кроме аллювиальных форм, составляющих основу северо-западного шельфа, отмечаются участки абразионных террас, небольшие банки и подводные береговые валы с амплитудой в несколько метров. Между изобатами 45 и 60 м (рис. 1, а) выделяется террасовидная поверхность, которая сужается к западному побережью Крыма, а затем прослеживается узкой полосой до м. Тарханкут. На поверхности террасы наблюдаются широкие и валообразные формы высотой до 5 м.



**Р и с. 2.** Трехмерное представление рельефа дна северо-западной части Черного моря (вид с юга)

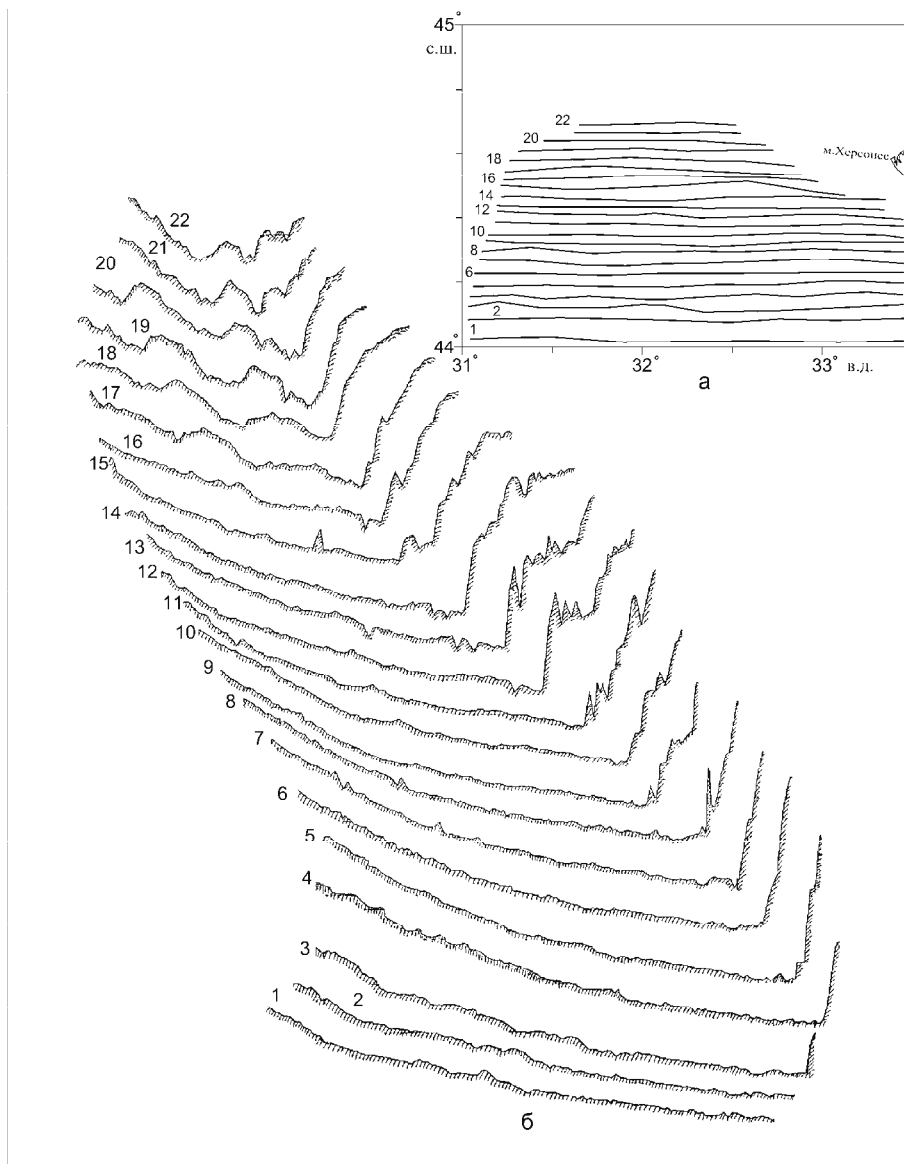


**Р и с. 3.** Батиметрическая карта (м) подводной окраины Крыма (изобаты проведены через 100 м; масштаб по оси широт увеличен)



**Р и с. 4.** Углы наклона дна (град) подводной окраины Крыма (пунктирной линией отображена изолиния  $1^\circ$ , сплошной линией –  $2^\circ$ , заштрихованной областью – от  $5$  до  $8^\circ$ , серым цветом – от  $8$  до  $15^\circ$ , черным цветом – более  $15^\circ$ ; в восточной части материкового склона указаны максимальные углы; масштаб по оси широт увеличен)

Материковая отмель, граница которой практически совпадает с изобатой 100 м от Севастополя до Ялты, имеет минимальную ширину 7 миль на траверзе м. Фиолент, далее к м. Айя расширяется до 20 миль (рис. 3). Поверхность рельефа характеризуется небольшими уклонами от 6 – 7' у м. Фиолент до 12 – 15' вдоль м. Сарыч (рис. 4). В прибрежной части у м. Айя наблюдаются более значительные уклоны дна, иногда почти отвесные обрывы. Профили широтных галсов 5 – 10 (рис. 5) отражают особенности строения материковой отмели, прилегающей к Крыму. Она характеризуется ровной, слегка выпуклой поверхностью шириной 28 миль, лежащей на глубинах 80 м. Внешний край отмели опускается на глубину до 140 м (галс 5) и почти полностью сохраняет свою форму.



**Р и с. 5.** Схема галсов вблизи Западного Крыма (а) и профили рельефа дна по данным широтных галсов (б)

Субгоризонтальная равнина шельфа Восточного Крыма, достигающая на траверзе Ялты ширины 5 миль, к востоку начинает сужаться и напротив м. Аю-Даг имеет минимальную ширину 2,5 мили, при этом глубина расположения внешнего края шельфа также сокращается со 150 – 160 до 75 – 85 м (рис. 3). Отмель представляет собой ровную, слаборасчлененную поверхность с четко выраженным перегибом склона. Преобладающие углы наклона дна от Ялты до м. Ай-Тодор возрастают от 5 – 6 до 30', затем снова уменьшаются по направлению к Алуште, где достигают значений 15 – 17' (рис. 4).

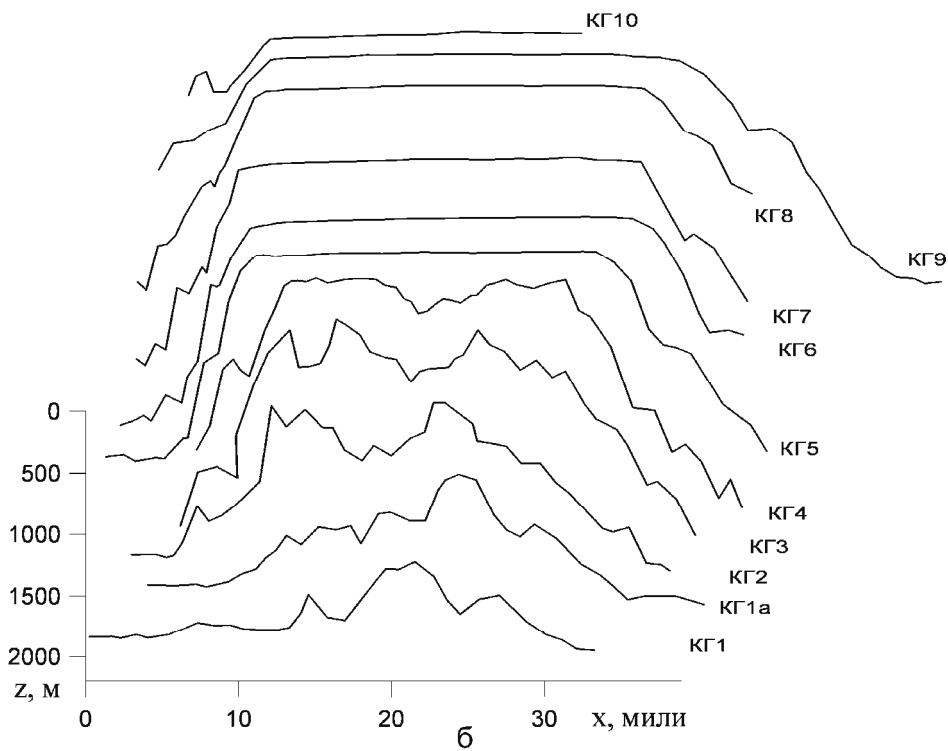
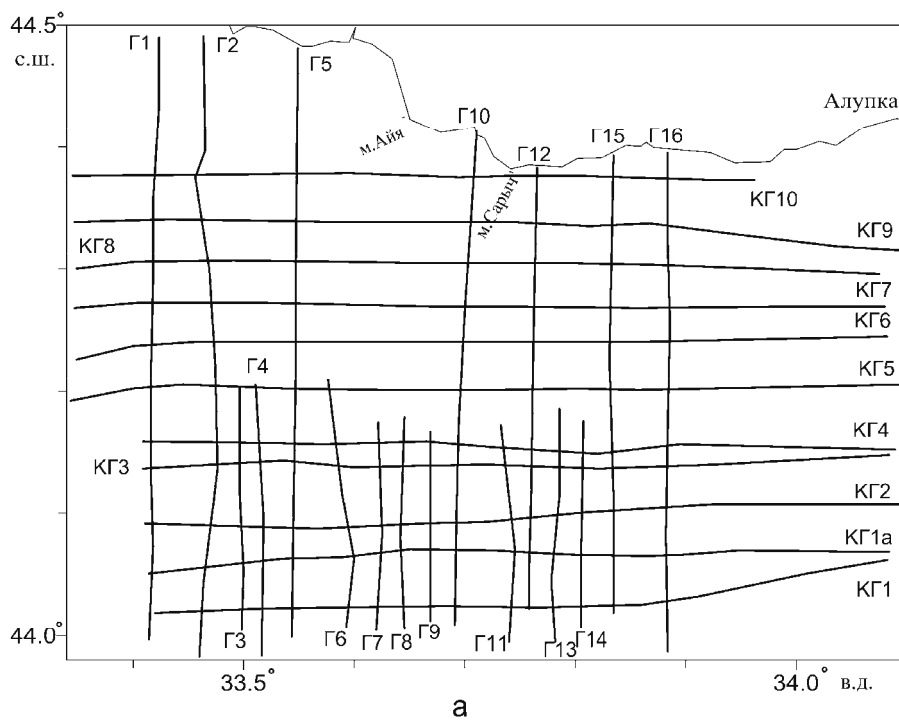
**Материковый склон.** В западной части подводной окраины Крыма различные участки материкового склона по морфологическому облику довольно существенно отличаются один от другого. Это участки в виде либо единого крутого уступа (галсы 3 – 7, рис. 5), либо более пологого уступа (галсы 18 – 20), либо материкового склона, в различной степени расчлененного подводными долинами и каньонами и осложненного ступенями (галсы 8 – 18, 21, 22). Начиная с меридиана 34° в. д., материковый склон имеет форму единого крутого уступа, при этом наибольшей крутизной характеризуется его верхняя часть, где углы наклона дна изменяются в пределах 7 – 10° (рис. 4). На глубинах 900 и 1700 м отмечены небольшие ступени, наклоненные в сторону ложа котловины.

Вблизи Южного берега Крыма (ЮБК) по данным широтных галсов КГ4 – КГ1 (рис. 6) отчетливо прослеживается сложная расчлененность верхней части материкового склона подводными долинами и каньонами. С удалением от берега происходит не только заглужение материкового склона, но и усложнение формы его расчленения. Западный и восточный склоны на различных глубинах также расчленены каньонами и осложнены ступенями. Хорошо выраженными формами рельефа на широтных профилях являются гребни хребтов. Между Севастополем и Ялтой верхняя часть материкового склона расчленяется несколькими хребтами и каньонами.

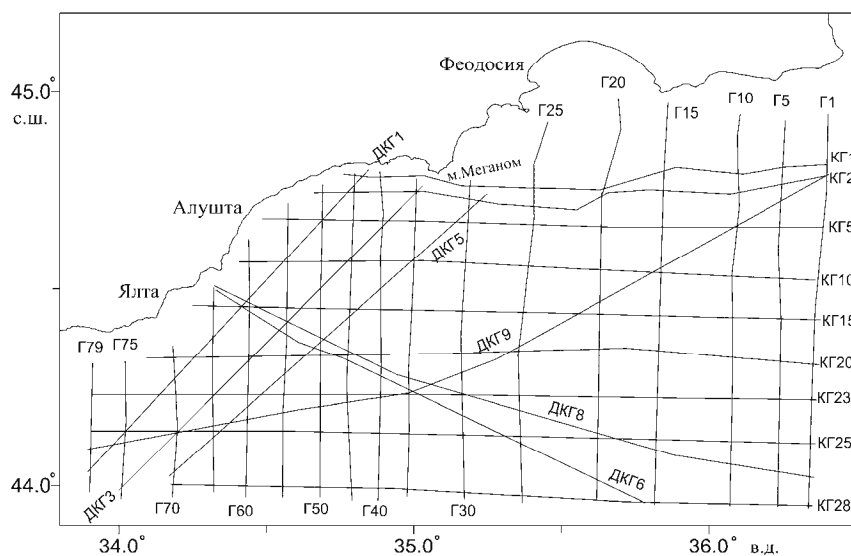
По данным галсов Г1 и Г2 (рис. 6) хребет с относительной высотой 520 м на глубине 180 м отделен от материкового склона депрессией U-образной формы шириной 4,5 мили и глубиной 560 – 580 м. Хребет сильно расчленен, но восточный его склон более крутой и ровный. На профиле следующего галса форма и ширина разделяющей депрессии сохраняются, но хребет заглужен до 1060 м. Здесь его относительная высота 400 м, хребет расчленен узким каньоном V-образной формы глубиной 310 м на два гребня с крутыми и ровными склонами. Далее на юго-запад хребет снова принимает форму единого гребня. Общая длина хребта 20 миль. Остальные профили меридиональных галсов отображают единый крутой ровный уступ.

Существенные различия в подводном рельефе шельфа и материкового склона отмечаются по обе стороны разлома субмеридионального простирания, проходящего в районе Алупки. Здесь же наблюдается и резкое изменение направления всех изобат.

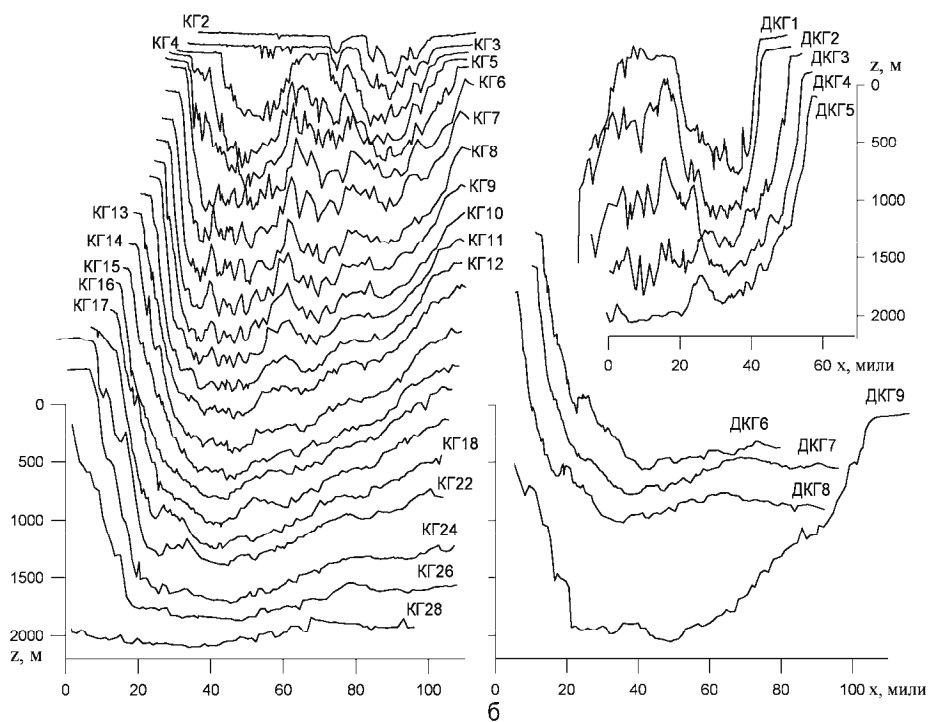




**Р и с. 6.** Схема галсов вблизи Южного Крыма (а) и профили рельефа дна по данным широтных галсов (б)



а



б

**Р и с. 7.** Схема галсов вблизи Восточного Крыма (а) и профили рельефа дна по данным широтных и диагональных галсов (б)

Далее на восток, вплоть до м. Меганом, склон также имеет вид единого крутого уступа, расчлененного в его верхней части врезами долин. На отдельных участках отмечены небольшие ступени (рис. 7, западные концы гал-

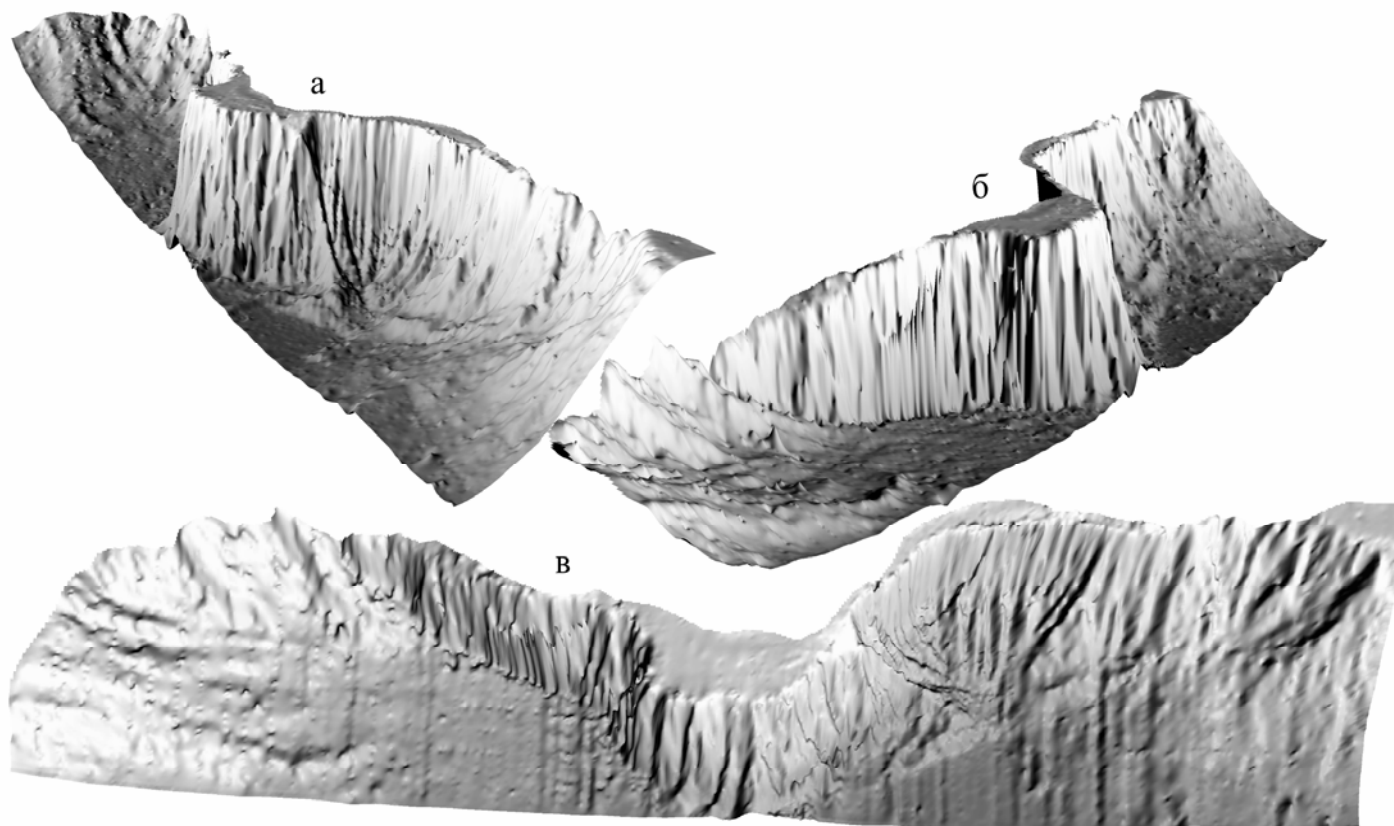
сов КГ7 – КГ16). Крутизну и ровность склона нарушает лишь небольшой безымянный подводный хребет, осложняющий рельеф в 8 милях к юго-востоку от Ялты. Хребет достигает длины 18 миль и ширины 7 миль. Его строение достаточно подробно отражено на профилях 25 меридиональных галсов (Г66 – Г42, рис. 7), позволяющих впервые определить его морфологические особенности. Хребет зарождается на глубинах 150 – 200 м, его высота 120 м, западный склон – пологий и расчлененный, восточный – крутой и ровный. Приблизительно в 3 – 5 милях от начала относительная высота хребта достигает наибольшей отметки 520 м, вершина становится остроконечной с ровными, одинакового наклона склонами. Глубина над хребтом 350 м, от материкового склона он отделен узкой депрессией. По мере продвижения вниз по склону возрастают расчлененность хребта и глубина над его вершиной, но уменьшается его относительная высота. Примерно посередине тело хребта разделяется депрессией глубиной 200 м на два гребня, высота одного – 320 м, другого – 160 м, глубина над ними 1200 м. В таком виде он просматривается далее по склону на расстояние 6 миль, затем вновь принимает форму единого хребта с относительной высотой 120 м, размеры которого заметно уменьшаются. На глубине 1920 м хребет в рельефе выклинивается, на его месте располагается ровная плоская терраса.

Между Гурзуфом и пос. Малореченское уклон верхней части уступа материкового склона существенно возрастает, при расчете углов наклона выявлено несколько экстремумов от 34 до 42° (рис. 4). С приближением к Феодосии форма материкового склона постепенно изменяется, он становится менее крутым, переход к шельфу происходит плавно, увеличивается ширина склона и подножия.

**Материковое подножие и дно котловины.** Материковое подножие в западной части подводной окраины Крыма в основном состоит из конусов выноса рек: современного Дуная и палеорек региона. Ширина подножия на северо-западе достигает 80 – 100 км (рис. 3, 8). Рельеф материкового подножия представляет собой мелковолнистую наклонную поверхность в сочетании с ровными участками, длина которых варьирует в пределах до 15 миль. Кроме небольших холмов (по 3 – 4 на профиль) высотой 40 – 80 м и шириной 1 – 2 мили, выделяются долины с глубиной вреза от 50 до 100 м, наиболее часто встречающиеся при сочленении материкового склона Западного Крыма и материкового подножия. Общей тенденцией является постепенное уменьшение средней глубины акватории с юга на север, возрастание крутизны и расчлененности рельефа. При переходе материкового подножия в континентальный склон появляются относительно крупные волны рельефа длиной 10 – 17 миль и амплитудой от 120 до 270 м при сохранении небольших холмов и каньонов.

В восточной части подводной окраины Крыма материковое подножие характеризуется выровненным рельефом с уклонами дна 1,5 – 2,0° до изобаты 1800 м (рис. 4), где продолжают проследиваться подводные долины и за которой на расстоянии 12 – 15 миль оно переходит в дно абиссальной равнины.

Материковое подножие вблизи ЮБК плавно соединяется с основанием континентального склона на глубинах 1950 – 2000 м.



**Р и с. 8.** Трехмерное представление рельефа дна подводной окраины Крыма: *a* – вид с юго-востока; *б* – вид с юго-запада; *в* – вид с юга

Дно абиссальной котловины характеризуется слабохолмистым рельефом, углы наклона изменяются в пределах от 0 до 1° (рис. 4).

**Подводные каньоны и долины.** Наиболее примечательными элементами расчленения рельефа являются подводные каньоны и долины, существенно осложняющие поверхность шельфа, материкового склона и подножия (рис. 8). По терминологии, принятой в морской геологии и геоморфологии, под подводным каньоном понимается узкая глубокая депрессия с крутыми склонами, дно которой обладает постоянным уклоном. Подводная долина – неглубокая широкая депрессия незначительной протяженности, дно которой имеет постоянный уклон. В.И. Мельник выявил широкое распространение этих форм на материковом склоне западного и северного секторов Черного моря и провел их классификацию [3]. Большинство эрозионных форм подводного рельефа обладает признаками как долин, так и каньонов, поэтому им было дано название – подводная долинно-каньонная сеть (ПДКС). Каждая ПДКС состоит из главной долины с подходящими к ней основными притоками и сетью более мелких притоков.

Согласно работе [3], в западной части подводной окраины Крыма выделяются две ПДКС: Ойбурская и Западно-Крымская, последняя является наиболее значительной, занимающей площадь 2250 км<sup>2</sup>. Эта ПДКС состоит из главной одноименной долины (каньона) протяженностью 143 км и 13 основных правосторонних притоков длиной от 14 до 42 км. Западно-Крымский каньон начинается на глубине 145 м и заканчивается на 2200 м, что составляет перепад 13,25 м/км. Ширина каньона до глубины 1750 м изменяется от 150 м в верховьях до 1,5 – 5,0 км внизу этого участка, перепад до 158 м/км. Отметим, что Евпаторийский, Херсонесский, Казачий и некоторые другие каньоны начинаются на шельфе, глубины вреза до 380 м, их ширина изменяется от 100 – 150 м до 3 – 5 км. Замыкает сеть правых притоков Сарычевский каньон протяженностью 42 км, также начинающийся на шельфе. Максимальная глубина его вреза составляет 720 м [3].

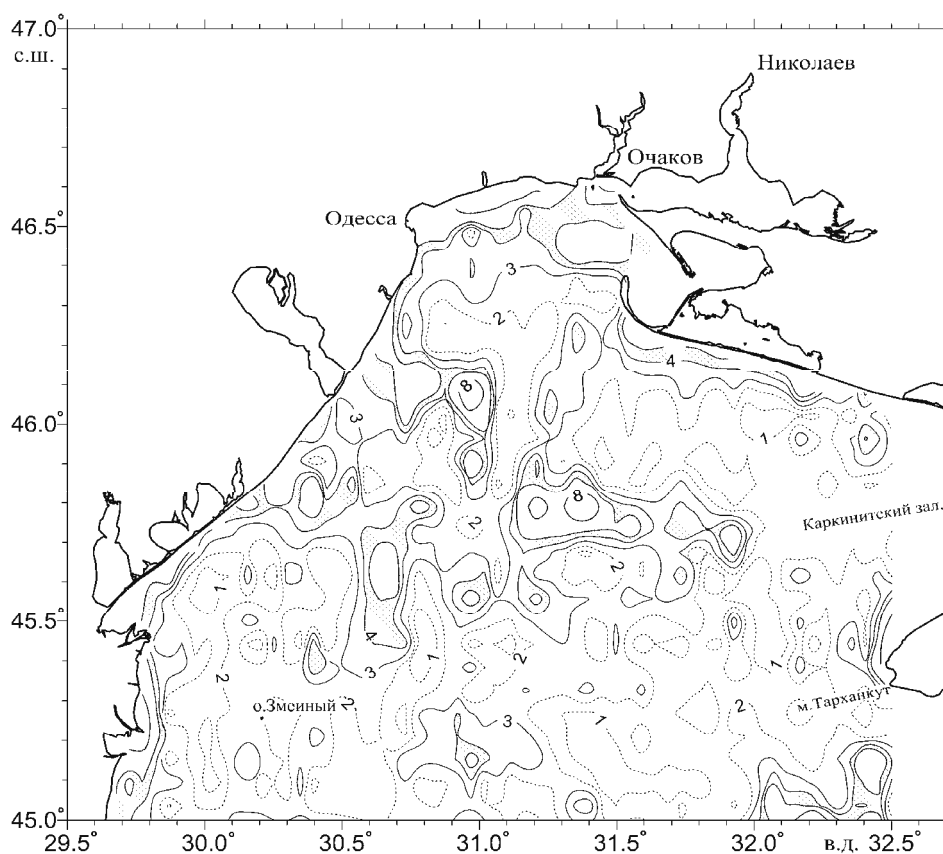
В центральной части исследуемого района (33,7° в. д.) выделяется каньон, относящийся, по-видимому, к Форосской ПДКС. Одноименный каньон асимметричной формы в северной части состоит из двух долин, разделенных небольшим гребнем. Глубина основного восточного днища V-образной формы на 65 – 135 м больше западного. Склоны ровные, крутизна их составляет 11 – 14°. С отметки 1730 м западная долина исчезает, основной каньон хорошо заметен на глубине 1980 м, где он врезается в дно на 120 м. Следует упомянуть, что помимо поперечного расчленения склона на некоторых профилях видны депрессии, вытянутые вдоль простирания склона.

В восточной части исследуемого района выделяется семь ПДКС: Понизовская, Алушкинская, Коктебельская и др. Крупнейшей из них является Ялтинско-Карадагская ПДКС протяженностью 113 км и площадью 4387 км<sup>2</sup>, охватывающая все каньоны и долины, примыкающие к побережью от Кореи-за до горы Карадаг. Восточная часть подводной окраины Крыма расчленена более интенсивно, о чем свидетельствуют показатели густоты эрозионной сети ПДКС. Продольные профили каньонов и долин имеют ступенчатый вид, перепад от 1,5 до 200 м/км [3]. О характере поперечных профилей подводных

каньонов и долин дает представление рис. 7. Большинство ПДКС своими верховьями выходят на материковую отмель, лишь одна из них – Каралгачская – зарождается на материковом склоне.

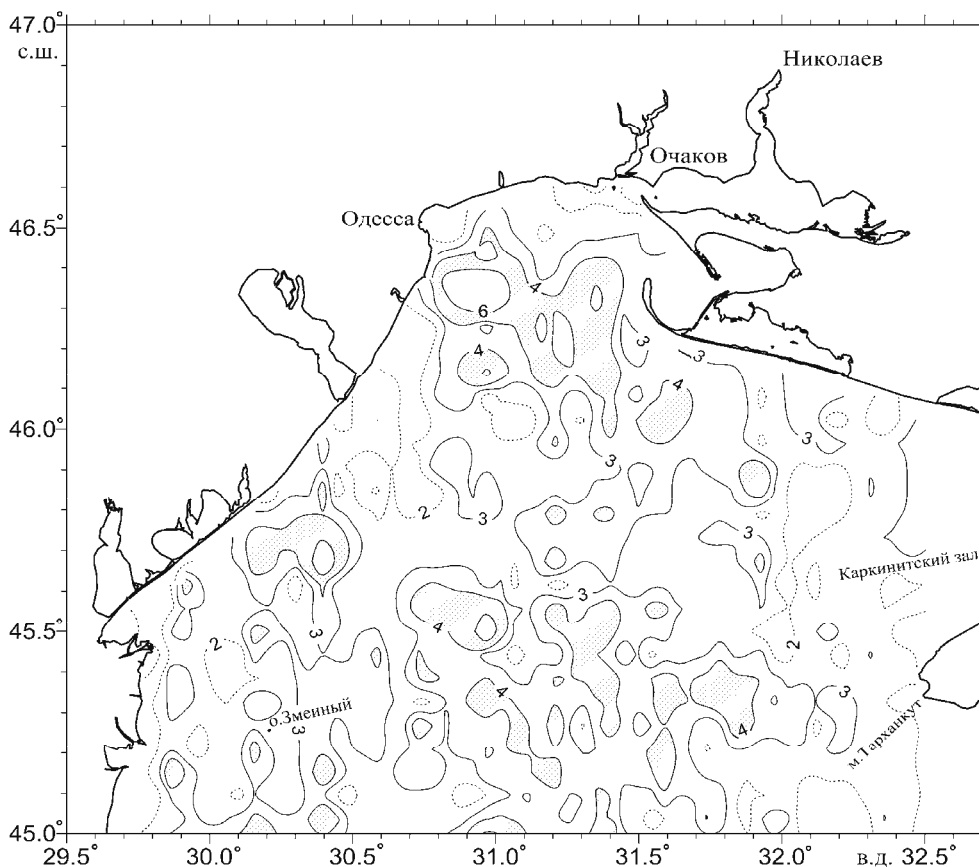
По карте распределения углов наклона дна (рис. 4) можно отчетливо выделить основные крупные формы рельефа. На материковой отмели, а также в области абиссального дна значения углов наклона составляют от 0 до 1°, в области материкового подножия – от 0 до 2°, на материковом склоне – от 2 до 10°, для склонов многих подводных каньонов и долин характерны углы наклона свыше 10°.

**Расчлененность рельефа дна.** Среднее значение вертикальной расчлененности (ВР) для северо-западного шельфа равно 2,8 м. На обобщенной гистограмме диапазон значений вертикальной расчлененности 0 – 2 м составляет 38%, 2 – 4 м — 37%, 4 – 6 м — 14%, что подтверждает мелкочастотный характер расчленения. Под мелкочастотностью в работе подразумевается преобладание мелких (малых) значений расчлененности рельефа дна. На карте ВР (рис. 9) вдоль прибрежных зон выделяются части акватории, очерчиваемые изолинией 4 м. В центральной части, а также на юго-востоке района ВР может достигать 10 – 15 м.



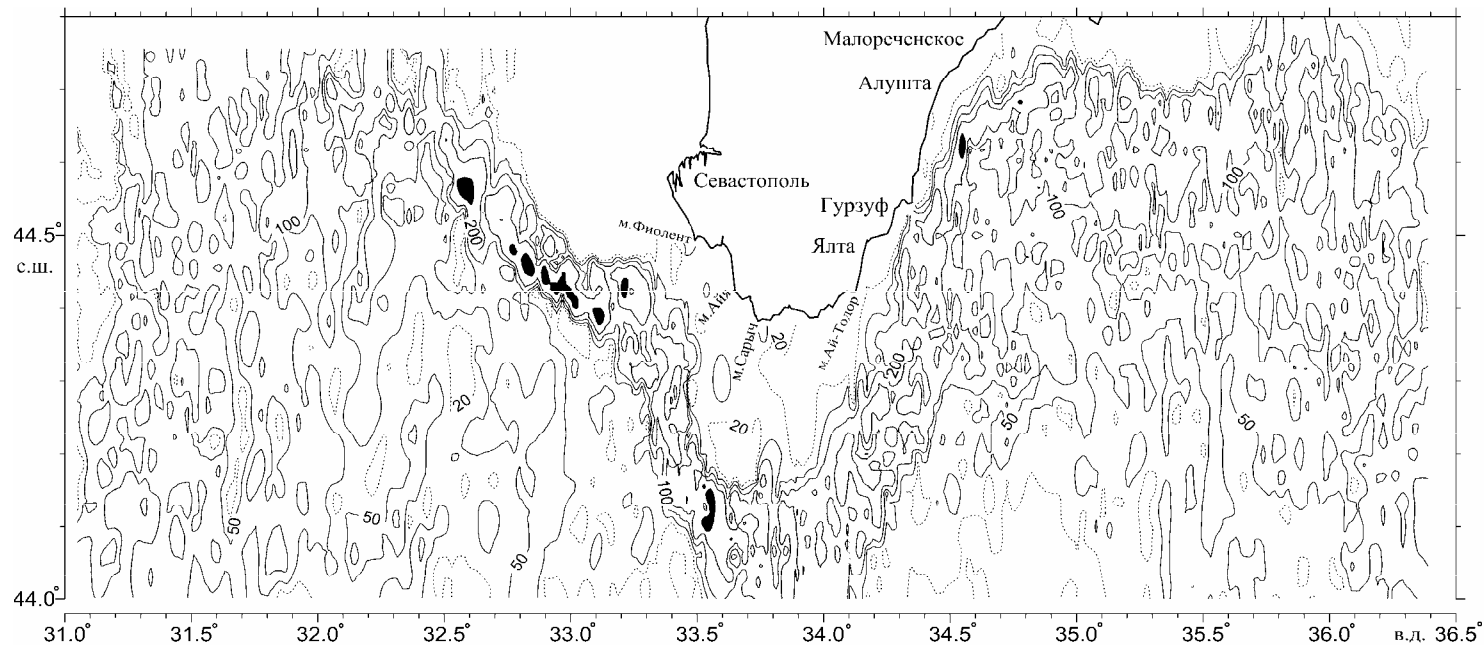
**Р и с. 9.** Вертикальная расчлененность (м) северо-западной части Черного моря (пунктирной линией отображены изолинии 1 и 2 м, сплошной линией – 3 м, заштрихованной областью – от 4 до 5 м, серым цветом – более 5 м)

Наибольшую повторяемость для горизонтальной расчлененности (ГР) имеют диапазоны 1 – 2 мили (27%), 2 – 3 мили (31%) и 3 – 4 мили (18%), что также свидетельствует о мелкочастотном характере расчленения. Диапазон 4 – 9 миль отражает наличие ровных участков, в частности, у северного побережья (рис. 10).



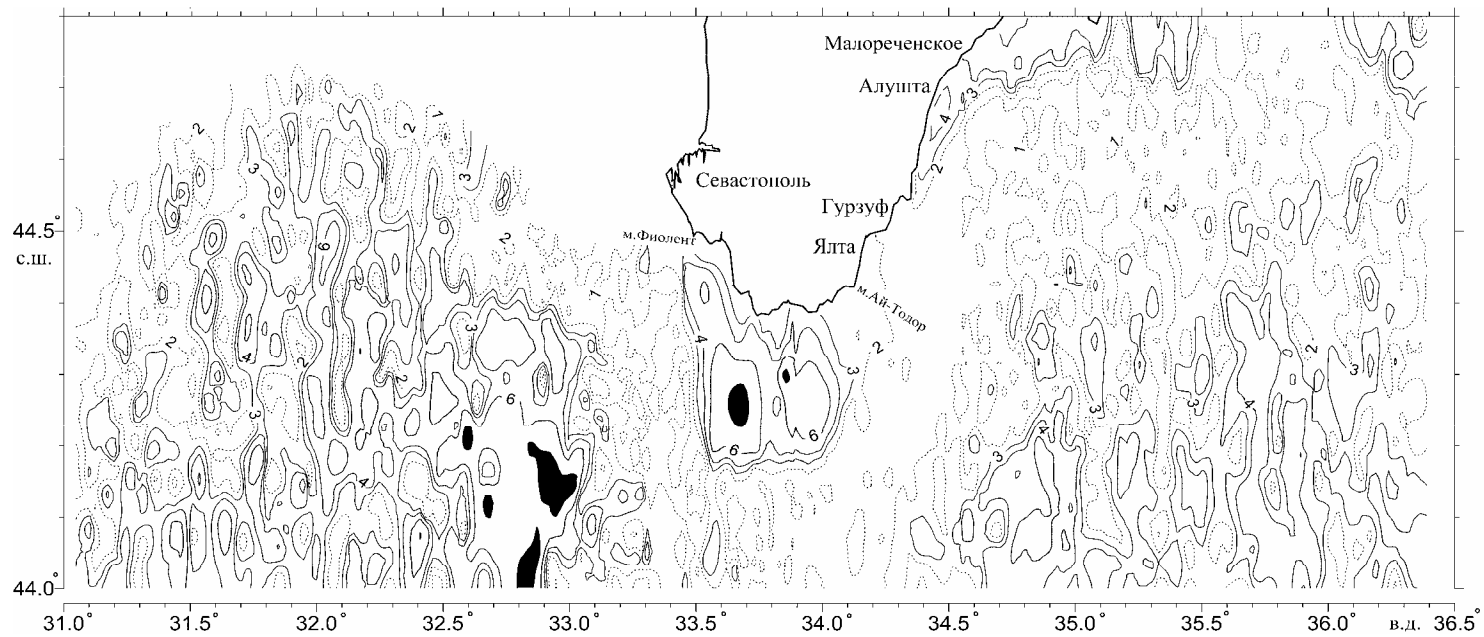
**Р и с. 10.** Горизонтальная расчлененность (мили) северо-западной части Черного моря (пунктирной линией отображены изолинии 1 и 2 мили, сплошной линией – 3 мили, заштрихованной областью – от 4 до 6 миль, серым цветом – более 6 миль)

На карте ВР рельефа дна подводной окраины Крыма (рис. 11) обширная область материкового шельфа, как и субгоризонтальная равнина абиссального дна, ограничиваются изолинией 50 м. Границы материкового склона в целом совпадают с изолинией 100 м. Внутри этой области верхняя и нижняя части склона выделяются по изолинии 200 м. Наиболее крутым участкам склона, уступам, бортам каньонов и т. п. соответствуют большие значения ВР – от 300 до 600 м.



**Р и с. 11.** Вертикальная расчлененность (м) подводной окраины Крыма (пунктирной линией отображена изолиния 20 м, сплошной линией – 50 м, заштрихованной областью – от 100 до 200 м, серым цветом – от 200 до 500 м, черным цветом – более 500 м; масштаб по оси широт увеличен)



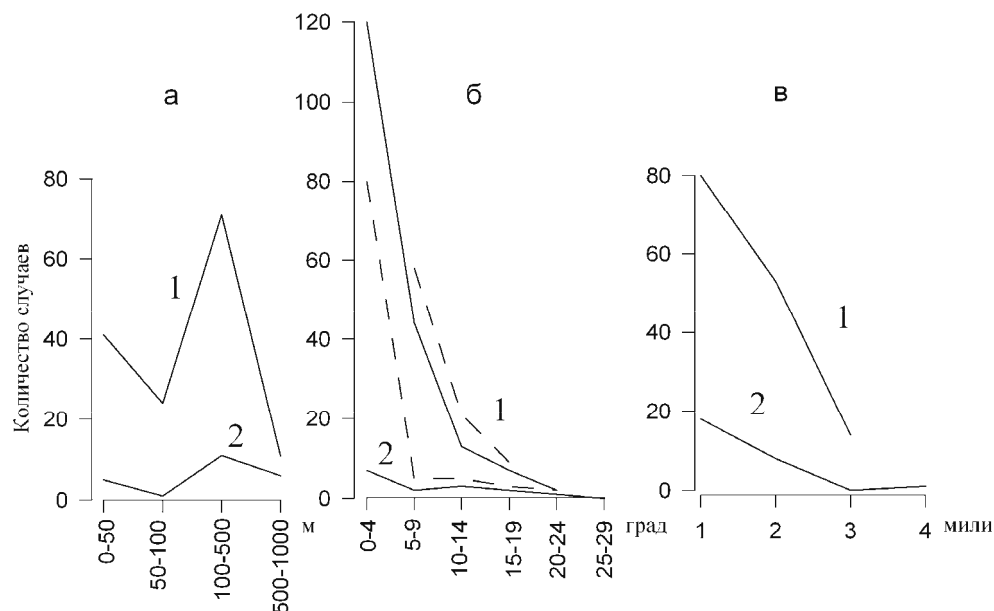


**Р и с. 12.** Горизонтальная расчлененность (мили) подводной окраины Крыма (пунктирной линией отображены изолинии 1 и 2 мили, сплошной линией – 3 мили, заштрихованной областью – от 4 до 6 миль, серым цветом – от 6 до 10 миль, черным цветом – более 10 миль; масштаб по оси широт увеличен)

Высокое среднее значение ВР для многих участков материкового склона (на широтных галсах ВР до 130 м при малых значениях ГР 1 – 2 мили) обусловлено наличием густой сети подводных долин и каньонов. Отдельные крупные врезы, достигающие нескольких сот метров, такие как Сарычевский каньон, приводят к заметному различию между экстремальными значениями глубин. Поверхность материкового склона между каньонами более сглажена, превышения – в пределах 0 – 50 м.

Горизонтальная расчлененность тесно связана с крупными формами рельефа дна (рис. 12). Повышенные значения (> 3 мили) характерны для субгоризонтальных и плоских областей, прежде всего материкового шельфа и наклонных участков абиссального ложа. На материковом склоне преобладают в основном значения в диапазоне 0 – 1 мили.

При сопоставлении гистограмм вертикального и горизонтального расчленения выявлено преобладание малых значений (60 – 80%) как вертикальной (0 – 50 м, 50 – 100 м), так и горизонтальной (0 – 1 мили, 1 – 2 мили) расчлененности. Такой мелкочастотный характер расчленения отражает существенную сглаженность рельефа, обусловленную, вероятно, экзогенными процессами. На гистограмме вертикального расчленения для района Западного Крыма максимум смещен к диапазону значений 150 – 200 м (рис. 13, а), что связано с относительно крупными волнами рельефа при переходе материкового подножия в континентальный склон.



**Р и с. 13.** Гистограммы морфометрических характеристик для подводной окраины Западного Крыма: а – вертикальное расчленение, м; б – углы наклона, град (сплошные линии – углы между точками перегиба, штриховые – углы наклона дна между ближайшими точками галсов); в – горизонтальное расчленение, мили (графики с цифрой 1 относятся к галсам, пересекающим материковое подножие и континентальный склон, с цифрой 2 – дно котловины и континентальный склон)

## Сравнение с цифровыми массивами рельефа

В 1995 г. в МГИ НАН Украины одним из авторов А.И. Авдеевым был создан цифровой массив рельефа дна Черного моря на сетке  $5' \times 5'$  (МГИ5). Основным источником информации послужили морские навигационные карты различных масштабов; далее массив данных о глубине был откорректирован по материалам промерных галсов и подробных эхометрических съемок. Массив МГИ5 неоднократно использовался для океанографических исследований Черного моря, он достаточно надежно отражает общую структуру рельефа дна.

Для сопоставления с цифровым массивом рельефа Земли *ETOPO5* ( $5' \times 5'$ ) массив МГИ5 был преобразован на сетку *ETOPO5* и выполнено сравнение значений глубин и форм рельефа. По данным массива *ETOPO5* значение площади абиссального дна на востоке моря явно завышено. Особенно заметны различия в положении и размерах отдельных морфоструктур дна. Так, на карте *ETOPO5* отсутствуют Дунайский подводный каньон и подводный каньон Сакарья на северо-западном побережье Турции.

Сопоставление новых цифровых массивов *ETOPO2* ( $2' \times 2'$ ) и *GEBCO* 2008 ( $1' \times 1'$ ,  $30'' \times 30''$ ) с данными подробных эхометрических съемок для северного сектора Черного моря показывает, что реальное увеличение горизонтального разрешения в массиве *GEBCO* 2008 заметно только для района северо-западного шельфа. Для глубоководной части моря повышение пространственного разрешения достигается интерполяцией и новых деталей рельефа дна не дает.

Для района подводной окраины Крыма оба массива дают сглаженную картину с пониженной крутизной материкового склона, отсутствием подводных хребтов, долин и каньонов. Для западного материкового подножия плохо выражена геоморфологическая структура конуса выноса Дуная. По данным этих массивов существуют две глубоководные котловины вблизи материкового склона Крыма, что не подтверждается материалами эхолотного промера. Восточная котловина (центр на  $44,2^\circ$  с. ш.,  $31^\circ$  в. д.) имеет глубину  $> 2200$  м, по данным промера – от 1800 до 1900 м, глубина западной котловины (центр на  $44,15^\circ$  с. ш.,  $34,6^\circ$  в. д.) превышает 2500 м, по данным промера – 2100 м.

Для северо-западного шельфа общая структура рельефа дна по вышеуказанным массивам не противоречит морским батиметрическим картам.

## Заключение

Крупные региональные структуры, представленные Восточно-Европейской платформой и Крымско-Кавказским орогеном, определяют основные закономерности формирования рельефа дна [8]. В соответствии с этим выделяются два типа рельефа: платформенный (северо-западная часть Черного моря и Азовское море) и орогенный (горный Крым, Кавказ).

Шельф северо-западной части Черного моря образовался в результате медленного широтного опускания, вызвавшего затопление обширных пространств суши, в частности устьевых участков, и образование лиманов. Это предопределило формирование выровненной поверхности широкого шельфа, обусловленное частой сменой субаэральных и субмаринных процессов. Мелкочастотные составляющие горизонтального и вертикального расчленения являются основными параметрами рельефа. Эти показатели отражают весьма существенную сглаженность рельефа, вызванную абразионно-аккумулятивными процессами в результате волнового воздействия. По данным работы [2], суммарное поступление взвеси с речным стоком в северо-западную часть моря составляет 80,7 млн. т/год.

Шельф орогенного типа (горный Крым) отличается от платформенного меньшей шириной (5 – 20 км) и большей крутизной. В формировании морфоструктуры такого шельфа ведущую роль играет неотектонический фактор.

Мезомасштабная расчлененность материковых склонов подводной окраины Крыма определяется их морфоструктурой. Значения вертикальной и горизонтальной расчлененности заметно увеличены, при этом ВР возрастает на крутых ступенчатых уступах, а ГР – на пологих выровненных склонах. Морфоструктурную основу центральной части ЮБК составляет система чередующихся хребтов и каньонов (долин) преимущественно субмеридионального простирания, секущих материковый склон по всей его ширине. В целом материковые склоны вблизи Крыма характеризуются мелкочастотной расчлененностью, обусловленной, вероятно, экзогенными процессами.

При использовании цифровых массивов рельефа Земли *ETOPO* и *GEBCO* для Черного моря следует учитывать, что для определенных частей моря эти массивы не соответствуют морским навигационным картам и данным эхо-метрических съемок. На них могут отсутствовать ярко выраженные морфоструктуры дна или, наоборот, присутствовать ранее неизвестные формы подводного рельефа.

Авторы выражают искреннюю благодарность Н.И. Юриковой за проведенную большую работу с картографическими материалами и данными эхо-метрических съемок.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончаров В.П., Непрочнов Ю.П., Непрочнова И.А. Рельеф дна и глубинное строение Черноморской впадины. – М.: Наука, 1978. – 160 с.
2. Геология шельфа УССР. Среда. История и методика изучения. – Киев: Наукова думка, 1982. – 180 с.
3. Мельник В.И. Мезоформы рельефа материкового склона западного и северного секторов Черного моря. – Киев, 1993. – 49 с. – (Препринт / НАН Украины. ИГН).
4. Авдеев А.И., Булгаков Н.П., Белокопытов В.Н. Методика расчета характеристик расчлененности рельефа дна на примере Западного Крыма // Системы контроля окружающей среды: Докл. Междунар. научно-техн. семинара. Ч. 2. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2002. – С. 174 – 180.

5. *Авдеев А.И., Булгаков Н.П., Белокопытов В.Н.* Количественные характеристики рельефа подводной окраины Южного Крыма // Там же. – 2003. – С. 127 – 131.
6. *Авдеев А.И., Булгаков Н.П., Белокопытов В.Н.* Морфометрические характеристики подводной окраины Восточного Крыма // Там же. – 2003. – С. 132 – 136.
7. *Литвин В.М., Руденко М.В.* Расчлененность и морфометрические характеристики дна океанов. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1990. – 188 с.
8. *Инженерная геология СССР. Шельфы СССР.* – М.: Недра, 1990. – 240 с.

Морской гидрофизический институт НАН Украины,  
Севастополь  
E-mail: v.belokopytov@gmail.com

Материал поступил  
в редакцию 25.03.10  
После доработки 28.07.10

**АНОТАЦІЯ** На основі масиву даних детальних ехOMETричних зйомок, проведених на науково-дослідних суднах МГІ НАН України та інших організацій, а також картографічних матеріалів розраховані морфометричні показники рельєфу дна північно-західного шельфу Чорного моря та підводної околиці Криму. Визначені особливості будови основних морфоструктур, проаналізовані значення кутів нахилу дна, показників вертикальної та горизонтальної розчленованості. Зроблено висновок про дрібночастотний характер розчленування дна, який відображає суттєву згладженість рельєфу. Великі регіональні структури навколишньої суші, представлені Східно-Європейською платформою та Кримсько-Кавказьким орогеном, роблять безпосередній вплив на формування рельєфу даного регіону. Наведено оцінки відповідності сучасних цифрових масивів рельєфу даним ехOMETричних зйомок у Чорному морі.

**Ключові слова:** Чорне море, рельєф дна, розчленованість дна, підводні каньйони.

**ABSTRACT** Based on the data array of the detailed echo-sounding surveys carried out on the research vessels of MHI NASU and other institutions, and cartographic materials, calculated are the morphometric characteristics of bottom relief of the Black Sea northwestern shelf and the Crimea underwater margin. Peculiarities of basic morphology structures are defined, angles of the bottom slope and indices of its vertical and horizontal ruggedness are analyzed. Small values of bottom ruggedness reflecting substantially smoothed character of the relief are revealed. Large regional structures of surrounding land, namely the East-European platform and the Crimean-Caucasian orogen directly effect formation of the bottom relief of the examined region. Estimates of comparison of modern gridded depth datasets with the data of echo-sounding surveys in the Black Sea are represented.

**Keywords:** the Black Sea, bottom relief, bottom ruggedness, underwater canyon.