

**Н.П.Булгаков\***, А.И.Авдеев\*, А.А.Саркисов\*\*

\**Морской гидрофизический институт НАН Украины, г.Севастополь*

\*\**Государственное Гидрографическое предприятие, г.Севастополь*

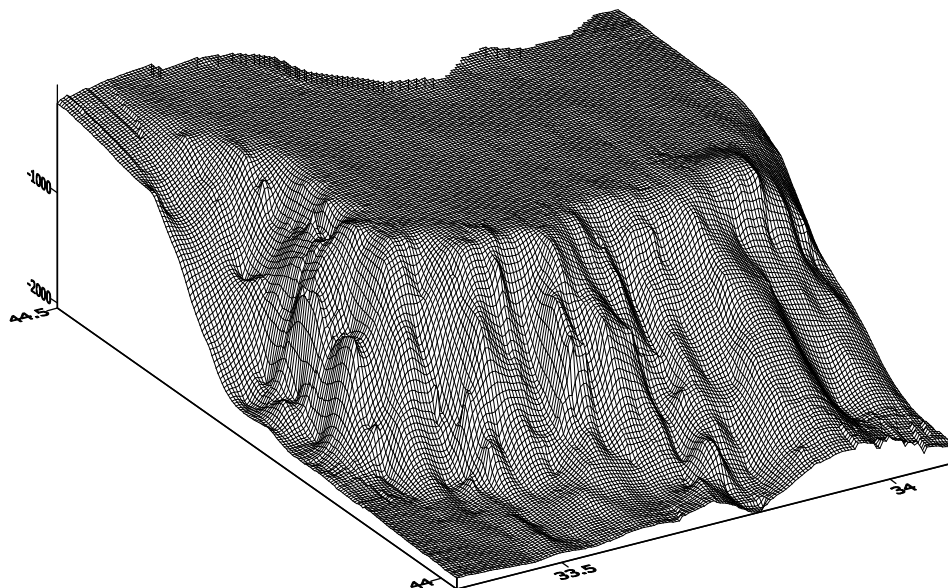
### **МИКРО- И МЕЗОМАСШТАБНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ В СТРУКТУРЕ РЕЛЬЕФА ДНА ПОДВОДНОЙ ОКРАИНЫ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

На основе анализа гидрографических промеров, материалы которых содержатся в банке океанографических данных МГИ НАН Украины, представлены и проанализированы количественные характеристики структуры рельефа дна южной и восточной подводных окраин Крымского п-ова. Описаны особенности морфометрических образований исследуемых склонов Крыма на малом и среднем масштабах.

Не смотря на многочисленные промеры дна, проводившиеся в разное время различными морскими ведомствами СССР, России и Украины в прибрежной части Черного и Азовского морей, рельеф дна, например, в районе Крымского п-ова, а также на других даже достаточно активно эксплуатируемых участках экономической зоны Украины остается недостаточно изученным. Об этом свидетельствует анализ известных литературных источников [1 – 3], которые посвящены данной проблеме.

Подводная окраина Крыма подразделяется на три участка – западный, южный и восточный. В настоящей статье рассмотрены два последних. Для этих участков представлены и проанализированы количественные характеристики мезо- и мелкомасштабной структуры рельефа дна. Результаты получены на основе анализа расчетов детальных массовых гидрографических съемок, включившего также промеры, выполненные в последние годы авторами настоящей работы при помощи компьютеризированного промерного комплекса [4]. Выявлены закономерности подводной расчлененности донного рельефа рассматриваемых участков, не отраженные в современной океанографической литературе. Показано, что морфометрическая основа исследуемого района представлена системой чередующихся хребтов, каньонов и долин, расчленяющих материковый склон Крыма по всей его ширине.

**Анализ результатов.** Южная окраина материкового склона. Материковая отмель этого участка склона, практически совпадающая с изобатой 100 м, достигая на траверзе м.Фиолент ширины 7 миль, быстро расширяется и напротив м.Айя имеет ширину около 20 миль. Поверхность рельефа отмечается небольшими уклонами от 6 – 7° у м.Фиолент до 12 – 15° вдоль м.Сарыч. В прибрежной части м.Айя наблюдаются более значительные уклоны, а иногда почти отвесные обрывы. Рассматриваемая отмель характеризуется ровной, слегка выпуклой поверхностью шириною 28 миль, залегающей на глубинах 80 м. Глубина внешнего края отмели изменяется в пределах 120 – 180 м. По мере удаления от южного берега Крыма поверхность отмели заглубляется до 140 м. При этом она почти полностью сохраняет свою форму. Материковый склон имеет четкий перегиб в виде крутого единого уступа, сла-



Р и с . 1 . Рельеф дна подводной окраины южного берега Крыма.

бо расчлененного небольшими врезами каньонов и долин (рис.1).

С удалением от берега происходит не только заглублиение поверхности материковой отмели, но и усложнение степени ее расчленения. Западный и восточный склоны этой структуры на различных глубинах расчленены каньонами и осложнены ступенями.

Типичными формами расчлененного рельефа на широтных профилях являются гребни хребтов. Вершинная поверхность материкового склона южного берега Крыма между Севастополем и Ялтой расчленена несколькими хребтами и каньонами (рис.1).

Субмеридиональный профиль рельефа дна м.Херсонес – м.Инеболу, приведенный в [3], пересекает подводное продолжение Крымских гор к юго-востоку от м.Айя. 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 значительно расчленен. Восточный его склон более крутой и ровный. К западу от данного профиля форма и ширина разделяющей депрессии сохраняется, но хребет заглублиен до 1060 м. Здесь его относительная высота около 400 м.

Сам 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. Его общая длина около 20 миль. Остальные меридиональные галсы гидрографических съемок позволили выявить крутой единый и ровный уступ дна (рис.1).

Весьма заметными мезо-масштабными формами материкового склона являются подводные долинно-каньонные сети (ПДКС). В пределах исследуемого участка склона, по данным [3], здесь расположено шесть ПДКС. Крупнейшая из них – Западно-Крымская ПДКС, главный каньон которой выходит за пределы исследуемого района. Его восточные долины, впадающие в

эту сеть, отчетливо прослеживаются на рассматриваемом участке склона.

Почти в самом центре района (долгота  $33,7^\circ$  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 глубже западного. Склоны ровные, крутизна их оценивается в  $11 - 14^\circ$ . С отметки 1730 м западная долина исчезает. Основной каньон хорошо заметен на глубинах 1980 м, где он врезается в дно на 120 м. Следует упомянуть, что помимо поперечного расчленения на некоторых профилях видны депрессии, протягивающиеся вдоль склона (рис.1).

Углы наклона дна представляют собой непрерывный ряд (от  $0$  до  $16^\circ$ ). Среднее значение в спектре углов, между точками перегибов, равно  $4,6^\circ$ . Для углов элементарных площадок  $4,1^\circ$ . Свыше  $\frac{2}{3}$  от общего количества углов (68 %) приходится на диапазон  $0 - 4^\circ$ , из которых 65 % занимают углы от  $0$  до  $1^\circ$ . Углы  $5 - 9^\circ$  составляют 21 %;  $10 - 14^\circ$  7 %;  $15 - 19^\circ$  3 % и, наконец, углы  $20 - 24^\circ$  2 %. Углы наклона дна в северной части района, занимаемого материковой отмелью, а также в области абиссального дна, характеризуются значениями от  $0$  до  $1^\circ$ . Верхняя и нижняя части материкового склона, до меридиана  $33,8^\circ$  в.д., очерчены изолинией  $5^\circ$ . Срединная область склона на западе отличается значениями большей интенсивности ( $10^\circ$  и более). Карта углов наклона позволяет представить поверхность дна в виде сглаженного рельефа, ограниченного преобладанием значений малых углов ( $0 - 4^\circ$ ), относительное количество которых достигает 67 %.

В спектре величин вертикальной расчлененности (ВР) отмечается высокое среднее значение 180 м, обусловленное наличием густой сети подводных долин и каньонов. На обобщенной гистограмме морфометрических характеристик в спектре ВР преобладают три моды превышений:  $0 - 60$  м, составляющая 24 %;  $60 - 100$  м 18% и наиболее обширная  $100 - 500$  м 53 %. Этому соответствует явное преобладание малых значений спектра горизонтального расчленения:  $0 - 1$  мили 32 %,  $1 - 2$  мили 44 %, составляющих в сумме 76 %, что подтверждает мелкочастотный характер поля расчленения.

Анализ вертикальной расчлененности свидетельствует о том, что обширная область материкового шельфа, как и субгоризонтальная равнина абиссального дна, отделена от остальных районов исследуемого участка дна изолинией 50 м. В пределах восточной и южной частей шельфа исследуемого участка интенсивность ВР составляет 20 м. Область материкового склона, в целом, ограничена изолинией 100 м. Внутри ее верхняя и нижняя части склона очерчены изолинией 200 м. Наиболее крутые участки склона, такие как уступы, борта каньонов и др., ограничены свалами значительной интенсивности (ВР от 300 до 600 м). Для исследуемого участка также типично наличия общих черт подобия в распределении спектров углов наклона и вертикальной расчлененности рельефа дна.

Карта горизонтальной расчлененности отличается более упрощенной структурой. Наиболее интенсивными значениями характеризуются субгоризонтальные и плоские участки дна, прежде всего материкового шельфа и наклонных участков абиссального ложа, оконтуриваемые изолинией 3 ми-

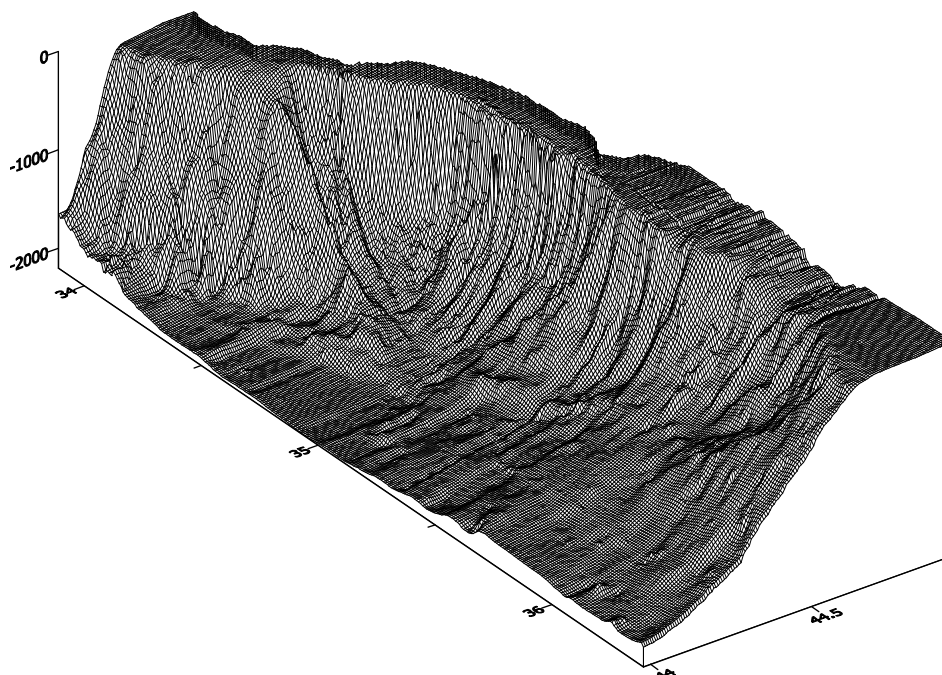
ли. Центральная часть шельфа характеризуется двумя свалами, ограниченными изолиниями 5 миль с максимальными значениями по 10 миль в каждом. Область материкового склона на западе и юге полигона характеризуется, в основном, значениями 0 – 1 миль.

На основе проведенного анализа всех профилей рельефа дна, батиметрической карты, модели рельефа дна и расчетных характеристик расчлененности, возможен следующий вывод. Морфоструктурную основу (каркас) подводного участка южного берега Крыма представляет система шести хребтов, чередующихся с каньонами (долинами), преимущественно субмеридионального простирания, и секущих материковый склон по всей его ширине. Положение этих шести хребтов отчетливо видно на рис.1.

*Восточная окраина материкового склона.* Подводная окраина восточного черноморского побережья Крыма представляет собой акваторию, которая ограничена на западе и востоке меридианами Ялты и Феодосии соответственно.

Субгоризонтальная равнина шельфа, достигающая на траверзе Ялты ширины 5 миль, к востоку сужается и у м.Аюдаг достигает своих минимальных размеров (2,5 мили). При этом глубина его внешнего края также сокращается от 150 – 160 до 75 – 85 м. На большинстве проанализированных профилей рельефа дна отмель представляет собой ровную, слаборасчлененную поверхность с четко выраженным перегибом склона. Преобладающие углы наклона от западной границы района до м.Айтодор возрастают от 5 – 6° до 30' затем снова уменьшаются по направлению к Алуште, где достигают значений 15 – 17° (рис.2).

Переход к материковому склону, начиная от Ялты, характеризуется резким перегибом профиля, который, в основном, сохраняется до м.Меганом.



Р и с . 2 . Рельеф дна подводной окраины восточного берега Крыма.

Склон имеет вид крутого единого уступа, расчлененного в его верхней части врезам долин. Здесь же отмечены и небольшие ступени. Склон крутой и ровный. Исключение составляет небольшой безымянный подводный хребет, осложняющий рельеф к юго-востоку от Ялты, в 8 милях от нее. Согласно анализируемым данным, хребет достигает длины 18 миль и ширины 7 миль.

Хребет зарождается на глубинах 150 – 200 м, высотой 120 м, имея пологий и расчлененный западный склон, крутой и ровный – восточный. Приблизительно в 3 – 5 милях от начала хребта относительная высота его 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 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 основного 320 м, другого 160 м, глубина над ними 1200 м. В таком виде он просматривается далее по склону на расстоянии 6 миль, затем вновь принимает форму единого хребта, относительной высотой 120 м, размеры которого заметно уменьшаются. На глубине 1920 м хребет в рельефе выклинивается, на его месте располагается ровная, плоская терраса (рис.2).

Между Гурзуфом и Малореченским уклон верхней части уступа материкового склона существенно возрастает, в общем случае ограничиваясь изолинией  $10^\circ$ .

Расчет углов наклона позволил выявить несколько экстремумов от  $31^\circ$  до  $43^\circ$ . От пос.Малореченского до Феодосии углы наклона постепенно уменьшаются. Углы же средней части склона здесь изменяются в пределах  $5^\circ$  –  $7^\circ$ . По направлению к Феодосии постепенно изменяется облик континентального склона, он становится менее крутым. Переход к шельфу происходит плавно, увеличивается ширина склона и подножия.

Материковое подножие характеризуется выровненным рельефом с уклонами  $1,5^\circ$  –  $2,0^\circ$  до изобаты 1800 м, за которой оно постепенно выполаживается. Здесь продолжают проследиваться подводные долины, которые на расстоянии 12– 15 миль от подножия переходят в дно абиссальной равнины. Материковое подножие на западе района плавно соединяется с основанием континентального склона на глубинах 1950 – 2000 м

Одной из самых примечательных мезоформ, осложняющих строение всех структурных элементов дна, являются подводные каньоны и долины. По данным В.И.Мельника [3], классифицирующего их как ПДКС, в пределах рассматриваемой области выделяется шесть таких форм. Крупнейшей из них является Ялтинско-Карадагская ПДКС протяженностью 112,6 км и площадью  $4387 \text{ км}^2$ , охватывающая все каньоны и долины, примыкающие к побережью от Кореиза до горы Карадаг.

Модель рельефа подводной окраины Восточного Крыма, построенная по материалам эхометрических съемок, используемых в настоящей работе для расчетов характеристик расчлененности дна, приведена на рис.2. Темные линии различного простираения (на склоне, в основном, северо-восточного) представляют подводные долины и каньоны, осложняющие все провинции дна. Исключение составляют две линии юго-восточного направле-

ния, расположенные приблизительно между меридианами  $34,3^\circ$  и  $34,8^\circ$  в.д. и представляющие простираение по склону (более длинная линия) описанного выше безымянного хребта.

В спектре углов наклона точек перегиба (3452) более 77 % составляют углы со значениями в пределах  $0 - 4^\circ$ , в том числе 1908 из них приходится на долю углов  $0 - 2^\circ$ , что составляет 72 %; углы  $5 - 9^\circ$  составляют 17,3 %,  $10 - 14^\circ$  7,3 % и  $20 - 25^\circ$  0,32 %. Отчетливо видно увеличение наклона верхней части материкового склона от Аюдага до Малореченского, где отмечены значения углов, выходящих за пределы  $30^\circ$ , максимальное значение  $42^\circ$ .

На западе района верхняя и средняя части материкового склона характеризуются преимущественно величинами углов наклона со значениями, превышающими  $5^\circ$ . Наиболее обширная область исследуемого участка дна отличается значениями углов наклона его поверхности от  $0 - 1$  до  $1 - 2^\circ$ . Рассчитанная нами карта углов наклона позволяет представить поверхность дна следующим образом: поверхность на общем фоне сглаженного рельефа, отразившегося в преобладающем значении малых углов ( $0 - 4^\circ$ ), количество которых достигает 77 % от общего числа всех рассчитанных угловых величин.

Как показывают результаты расчетов, в спектре величин вертикального расчленения заметно выделяется высокое среднее значение 130 м, что обусловлено наличием густой сети каньонов, Большинство ПДКС своими верховьями заходят на материковую отмель. Восточно-Крымский район, по сравнению с Центральным и Западным районами, расчленен более интенсивно. Об этом свидетельствуют показатели густоты эрозионной сети ПДКС, которые здесь выше. Продольные профили каньонов и долин ступенчатые, угол падения от 1,5 до 200 м/км. О характере поперечных профилей подводных каньонов и долин дает представление.

На обобщенной гистограмме морфометрических характеристик средний угол между точками перегиба равен  $3^\circ$ , элементарных площадок  $2,7^\circ$ , максимальный  $22,3^\circ$ .

В спектре величин вертикального расчленения заметны два диапазона превышения:  $0 - 50$  м (34 %) и  $50 - 100$  м (24 %), составляющих вместе сумму 58 %, что подтверждает мелко частотный характер расчленения.

Наиболее представительными группами горизонтального расчленения являются значения от 0 до 1 мили (42 %) и  $1 - 2$  мили (40 %), что также свидетельствует о мелко частотном характере расчленения. В широком спектре величин ГР выделяются значения от 4 до 7 миль, отражающих наличие субгоризонтальных и наклонных участков на материковой отмели, склоне, подножии и абиссальном дне. Суммарное значение групп  $0 - 1$  и  $1 - 2$  мили составляют 82 % от общего их числа. Такой характер ГР согласуется со спектром ВР.

Таким образом, мелкочастотная составляющая горизонтального расчленения и мелкочастотный диапазоны  $0 - 50$  и  $50 - 100$  м являются основными характерными параметрами рельефа дна подводной окраины восточной части Крымского п-ова. Эти морфометрические характеристики отражают существенную сглаженность рельефа, обусловленную, вероятно, экзогенными процессами.

**Заключение.** На основе данных массовых гидрографических промеров исследован рельеф дна южной и восточной подводных окраин Крыма.

Показано, что морфологическую основу южной подводной окраины Крымского п-ова представляет система шести хребтов, чередующихся с каньонами, преимущественно субмеридионального простирания. Эти структуры пересекают материковый склон по всей его ширине, Рассмотренные морфологические особенности подводной окраины южного берега Крыма, выраженные, в основном, ее морфометрическими характеристиками, отражают сглаженность рельефа, определяемого ролью экзогенных процессов в его преобразовании.

На восточном подводном склоне Крыма, к юго-востоку от Ялты, обнаружен подводный хребет, длиной 18 и шириной 7 миль. В целом для подводного склона восточной части Крымского п-ова типичен относительно «спокойный» рельеф, расчлененный подводными долинами и каньонами.

Ярко выраженные неоднородности дна среднего и мелкого масштаба, имеющие максимальные углы наклона, характерны для мест наибольшего возмущения фоновой поверхности донного рельефа. Они наиболее часто встречаются вдоль гребней хребтов на склоне южного берега Крыма. Для восточной подводной окраины Крымского п-ова с выположенной фоновой поверхности дна подобные образования имеют гораздо меньшую повторяемость.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончаров В.П. Строение западной части Черноморской впадины // М.: Наука, 1972.– С.7-48.
2. Гончаров В.П., Непрочнов Ю.П., Непрочнова И.А.: Рельеф дна и глубинное строение Черноморской впадины.– М.: Наука, 1978.– 160 с.
3. Мельник В.И. Мезоформы рельефа материкового склона западного и северного секторов Черного моря / Препринт АН Украины, ИГН.– Киев, 1993.– 49 с.
4. Саркисов А.А. Анализ функционирования компьютеризированного промерного комплекса при производстве съемки рельефа дна // Геологический журнал НАН Украины.– 2002.– 2.– С.68-74.

Материал поступил в редакцию 10.01.2005 г.