УДК 551.468

В. П. ЗЕНКОВИЧ, В. М. ПЕШКОВ

ОСОБЕННОСТИ МОРФОДИНАМИКИ КРУТЫХ ПОДВОДНЫХ ОТКОСОВ

В связи с размывом пляжа курорта Пицунда в 1969 г. по периметру Пицундского мыса выполнялись весьма детальные промеры. Мыс образует наиболее выдающуюся в море часть одноименного полуострова и отстоит от устья р. Бзыби (основного источника питания) на 7 *км*. К основанию подводного берегового склона здесь прижат откос средней крутизной около 25°. Его верхний край выражен резким перегибом на изобатах 10—12 *м*, а подножие у самой оконечности мыса уходит на глубину 65—70 *м*. В сторону вершины Пицундского залива, по мере общего повышения дна шельфа, глубины у нижнего основания откосов уменьшаются до 15—20 *м* и поверхность дна плавно переходит в подводную абразионную террасу перед Мюссерскими холмами (Зенкович, 1958).

В ходе промеров, как уже отмечалось (Зенкович, Пешков, 1976), удалось установить, что после сильных западных штормов на крутом откосе возникают поперечные гряды и ложбины. Последние имеют ширину около 15—20 *м* и глубину вреза до 4—5 *м*. После штормов южных румбов эти формы донного рельефа заметно сглаживаются, а при смене направления штормов возникают вновь и нередко меняют свое положение. Указанные гряды и ложбины легко прослеживаются при водолазных обследованиях откосов. Впервые они были описаны П. А. Каплиным на Пицунде, а также на крутых откосах восточного берега Сухумской бухты (Каплин, 1961). Второй из авторов настоящей статьи в ходе водолазных маршрутов обнаружил преимущественную концентрацию в ложбинах песчаных наносов, тогда как разделяющие их гряды сложены главным образом крупной галькой и валунами.

При средней крутизне боковых склонов ложбин 5—7° (по данным промеров) реальные уклоны во многих местах бывают почти вдвое больше. Указанные формы рельефа прослеживаются почти до горизонтальной поверхности шельфа, покрытого илом, где они имеют распластанный вид.

Детальные промеры производились в августе 1969 г. до глубины 20 *м*, но уже в феврале и марте 1970 г. были доведены до изобаты 40 *м*. Расстояния между промерными профилями составляли в среднем 15—20 *м* при частоте измерений проволочным лотом через каждые 5 *м*. Это позволило достаточно точно фиксировать положение гряд и ложбин. Детали строения их боковых склонов были выявлены при водолазных погружениях. В пределах участка, охваченного промерами, по длине берега около 2 *км*, описываемые формы образуются лишь на самом закруглении мыса. Далее на северо-восток изобаты везде следуют параллельно береговой линии. Возникновение галечных гряд на откосах ранее связывалось авторами с действием крупных западных волн. Испытывая рефракцию на закруглении Пицундского мыса, они теряют свою транспортирующую способность на протяжении 500—600 *м* вдоль берега. Подходя при этом наискось к береговой линии, волны увлекают за собой гальку и валуны к свалу глубин. Попадая на откос, этот материал движется далее под уклон под действием волновых движений воды и силы тяжести в виде своеобразных кос. Этот процесс представляется основной причиной формирования на дне грядового рельефа.

При тщательной обработке промерных данных было установлено, что в образовании гряд и ложбин принимают участие и иные факторы.

Результатом их воздействия является перераспределение галечных и песчаных наносов по поверхности крутого склона и создание более сложных форм рельефа. Представление об их параметрах и расположении дает схема деформаций морского дна (рис. 1).

Напомним, что катастрофические юго-восточные шторма в январе и феврале 1969 г. почти полностью смыли на мысу пляж шириной 45—60 *м* и углубили прибрежное дно на 5—7 *м*. В последующий период при действии слабых и умеренных западных волнений происходило медленное нарастание подводного склона и восстановление пляжа

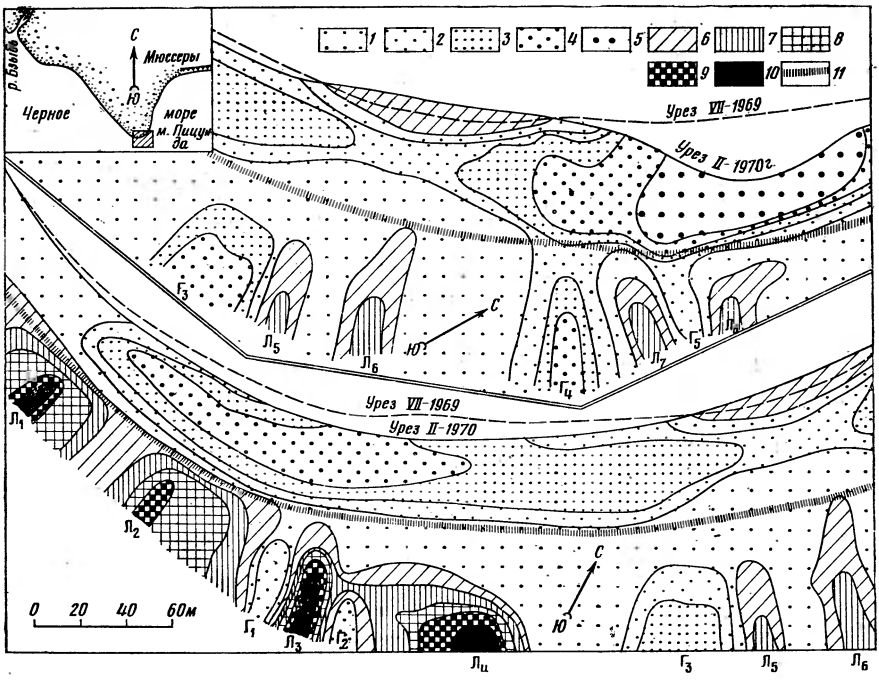

Рис. 1. Схема деформаций рельефа дна в районе Пицундского мыса с июля 1969 по февраль 1970 г. Нижняя половина рисунка — участок на закруглении мыса, верхняя часть — смежный северо-восточный участок (с небольшим перекрытием)

Отложение наносов слоем (*м*): *1* —0,1—1,0; *2* — 1—2; *3* — 2—3; *4* — 3—4; *5* — 4—5. Размыв дна (*м*): *6* — 0,1—1,0; *7* — 1—2; *8* — 2—3; *9* — 3—4; *10* — 4—5; *11* — линии свала глубин. $Л_1$, $Л_2$, $Л_3$, ... — участки локального понижения дна («ложбины», описанные в тексте). $Г_1$, $Г_2$, $Г_3$, ... — участки повышения дна («гряды»)

курорта за счет материала, который поступал к мысу с северо-запада. В июле и октябре 1969 г., а затем в феврале 1970 г. прошло три сильных западных шторма (два последних в 7 баллов). В этих условиях состояние пляжа значительно улучшилось (Пешков, 1974, 1976).

Суммарные изменения рельефа дна за указанный период показаны на схеме деформаций (рис. 1). На ней четко прослеживается зона аккумуляции наносов вдоль берега. Выше перегиба склона толщина слоя накопления материала достигает 3—4 *м*. Все изолинии деформаций дна (до глубины 10—12 *м*) вытянуты здесь вдоль линии уреза, что отражает зональное восстановление профиля динамического равновесия подводного берегового склона. Эта характерная картина прибрежной аккумуляции нарушается крупным выступом береговой линии (верхний северо-восточный участок). Последний возник в результате переработки волнами галечного материала, который был здесь отсыпан на пляж в объеме около 3 тыс. $м^3$ в самом начале 1970 г. Изменения дна выше перегиба склона вне влияния этой отсыпки показаны на одном из соседних профилей (рис. 2). На нем четко виден процесс

регенерации профиля береговой зоны мыса при действии западных штормов.

Совершенно иная картина наблюдается глубже, на откосах, где все изменения рельефа происходят вкрест простирания береговой линии. За время западных штормов 1969—1970 гг. в юго-восточной части мыса образовались две широкие (до 60 *м*) зоны углубления дна на 4—5 *м* ($Л_1$, $Л_2$). К северо-востоку (вправо) сразу же за ними расположена узкая (менее 20 *м*) зона повышения дна ($Г_1$), а к этому гребню приближена столь же узкая ложбина ($Л_3$).

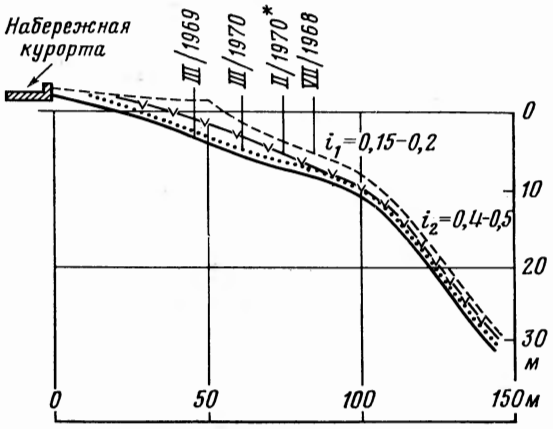

Рис. 2. Изменения профиля пляжа и подводного склона мыса после западных (помечено звездочкой) и южных штормов i_1 — уклоны подводного берегового склона, i_2 — то же, поверхности подводных откосов

Далее в том же направлении следует новая гряда ($Г_2$) и ложбина ($Л_4$), где дно углубилось до 5 *м*. На среднем участке схемы изменения выражены менее резко: здесь образовались последовательно пологий выступ ($Г_3$) и две столь же пологие «ложбины» ($Л_5$, $Л_6$). Против искусственной отсыпки галечника в сторону моря вытянуты узкая полоса («язык») аккумуляции ($Г_4$) и две неглубокие «ложбины» ($Л_7$, $Л_8$). Последние разделены между собой узкой зоной отложения наносов слоем около 2 *м* ($Г_5$).

Необходимо сделать следующее пояснение. Термины «ложбина», «гряда», «язык» поставлены в кавычках потому, что они характеризуют не сами формы рельефа как таковые, а ход изменений отметок бывшей (доштормовой) поверхности дна. Если, например, на каком-либо из участков ранее находилась гряда, то понижение дна на 4—5 *м* не обязательно означает формирование новой ложбины. Понижение поверхности дна в данном случае приводит лишь к сглаживанию прежней положительной формы рельефа за счет ее распластывания под действием волновых движений воды и силы тяжести.

На схеме (рис. 3) пунктиром нанесены основные формы рельефа, возникшие на поверхности откосов после западных штормов. Сплошными линиями показаны деформации рельефа, вызванные 7-балльным ЮЮВ штормом. Он прошел в марте 1970 г. сразу же после окончания февральской серии промеров. Время между двумя съемками составляет всего лишь несколько дней. За время ЮЮВ шторма вдоль берега мыса на малых глубинах (до 5—6 *м*) произошел общий размыв дна. Наиболее интенсивно (до 4 *м* по вертикали) этот процесс протекал на участке против искусственной отсыпки, где временное накопление наносов оказалось рассредоточенным. Иными словами, в данном случае волны выработали новый профиль равновесия применительно к сильному ЮЮВ шторму.

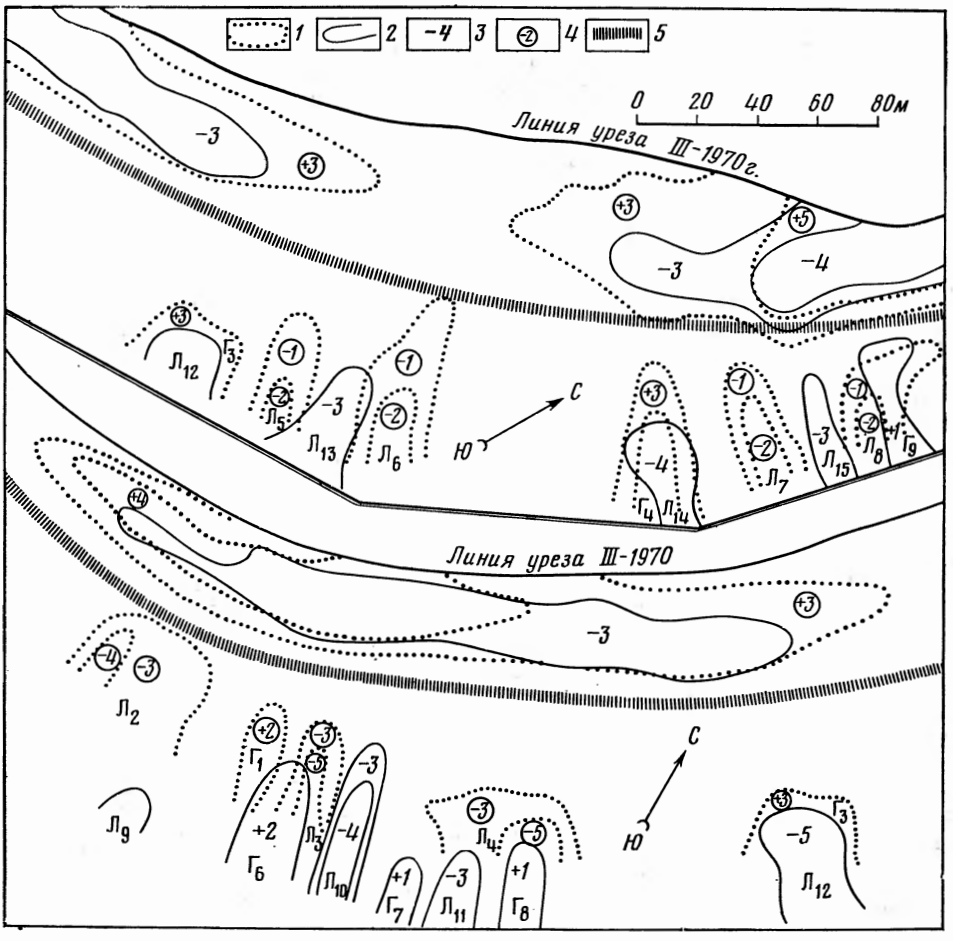

Рис. 3. Сопоставление положения элементов мезорельефа подводных откосов (ложбины, гряды) за два цикла промеров

1 — формы рельефа, образовавшиеся в результате западных штормов; *2* — то же, возникшие после смены направления шторма на ЮЮВ; *3* — абс. изменения глубин за время между промерами; *4* — амплитуда изменений глубин после предшествовавших западных штормов; *5* — линия свала глубин

На подводном откосе бывшие депрессии ($Л_1$, $Л_2$) в общем сохранились и глубины в них увеличились на 1 *м*. В зоне нижней границы промера (35—40 *м*) возникла новая ложбина ($Л_9$). На месте ложбины ($Л_3$) возник очаг аккумуляции ($Г_6$), т. е. она стала нивелироваться. Однако буквально рядом с ней образовалась глубокая и длинная ложбина ($Л_{10}$), т. е. прежняя депрессия как бы сдвинулась на 20—25 *м* к СВ. Далее в ту же сторону, в зоне прежнего понижения дна появились три новых элемента рельефа. Из них ($Г_7$) — очаг нарастания, затем ложбина ($Л_{11}$), а на месте существовавшей ранее депрессии произошло отложение наносов ($Г_8$). Новая четко выраженная ложбина ($Л_{12}$) образовалась далее к СВ в зоне бывшей аккумуляции после западных штормов ($Г_3$), т. е. процесс сменился на обратный и произошло общее нивелирование дна. Локальное понижение поверхности дна на 3 *м* ($Л_{13}$) произошло между ложбинами $Л_5$ и $Л_6$. На крайнем северо-восточном участке, где перемежались зоны нарастания и размыва дна (до 2 *м*), возникли узкие ложбины $Л_{14}$ и $Л_{15}$ глубиной до 4 *м*.

Авторы считают, что на основе представленного первого в своем роде материала можно убедиться в реальности крупных изменений мезорельефа крутых подводных откосов. Мы видим, что после сильных штормов на дне могут возникать первичные положительные и отрицательные формы рельефа. В относительно спокойные периоды они сглаживаются. При прохождении сильных штормов прежние формы часто восстанавливаются, но местами процесс получает обращенный характер. Становится очевидным также, что мезорельеф откосов далеко не везде имеет ту регулярность, о которой, казалось бы, свидетельствуют крупномасштабные батиметрические планы и визуальные подводные наблюдения. В результате сочетания нескольких действующих факторов перестройки рельефа во время сильных штормов имеют довольно сложный характер и поэтому не всегда поддаются анализу.

Несомненно, что кроме воздействия волн определенную роль в этих процессах играют гравитационное осыпание и сползание наносов, которые наблюдаются даже в тихую погоду. Однако окончательное моделирование удлиненных ложбин и разделяющих их гряд может происходить только при активном участии течений, которые возникают при штормах и направлены вниз по склону. О природе этих течений трудно сказать определенно, ибо непосредственных измерений их параметров не производилось. Неизвестными остаются также скорость, продольная и поперечная структуры этих течений. Можно лишь предполагать, что они должны распространяться у дна и, вероятно, локализованы в пространстве, подобно разрывным течениям. Этот вопрос вряд ли может быть решен однозначно без проведения специальных инструментальных измерений. Тем не менее с действием этих течений в условиях менее крутого дна, видимо, связаны зарождение и пространственная локализация вершин подводных каньонов. Возможно также, что именно они обеспечивают поступление (привнос) и последующий вынос на глубину материала по ложу каньонов. Поэтому выяснение этого вопроса представляет важную задачу дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

Зенкович В. П. Берега Черного и Азовского морей. М., Географгиз, 1958.

Зенкович В. П., Пешков В. М. Динамика форм мезорельефа подводных откосов Пицунды. «Сообщ. АН ГССР», т. 82, № 1, 1976.

Каплин П. А. Водолазные исследования вершин подводных каньонов. «Океанология», № 6, 1961.

Пешков В. М. Некоторые черты современной динамики береговой зоны в районе курорта Пицунды. «Тр. координационных совещаний по гидротехнике», вып. 92 (Морские берегозащитные мероприятия). Л., 1974.

Пешков В. М. О восстановлении пляжа курорта Пицунда. «Сообщ. АН ГССР», т. 82, № 2, 1976.

Институт географии АН ГССР

Поступила в редакцию
7.VIII.1979

SOME PECULIAR MORPHODYNAMICAL FEATURES OF SUBMARINE STEEP SLOPES

ZENKOVICH V. P., PESKOV V. M.

Summary

Precise repeated soundings have been carried out around the Pitsunda peninsula. They revealed downslope ridges and furrows inbetween the depth from 10—12 till 40 meters. The location and parameters of these relief forms change under influence of storms of different directions. It is supposed that the action of undertow, together with rip-currents, are the reason of such specifical forms development.