

В. Ф. КАНАЕВ, Д. С. КРАУС

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ УЗКОНАПРАВЛЕННОГО ЭХОЛОТИРОВАНИЯ В МОРСКОЙ ГЕОМОРФОЛОГИИ

Изучение небольших (от 1 до 1000 м) форм подводного рельефа, знание которых имеет существенное значение при геоморфологических исследованиях, стало возможным благодаря появлению узконаправленных эхолотов, обеспечивающих получение точного профиля дна. Преимущества узконаправленного эхолотирования иллюстрируются примерами из экспедиционных исследований на судах «Академик Курчатов» и «Океанограф».

Основными средствами изучения подводного рельефа в настоящее время служат эхолотирование и фотографирование. При глубоководных геоморфологических исследованиях обычные (широконаправленные) эхолоты позволяют получить данные о формах и элементах рельефа размером примерно от одного километра и более. Глубоководное фотографирование обеспечивает получение данных о формах протяженностью от нескольких миллиметров до нескольких метров. Таким образом, наибольшие формы подводного рельефа (размером примерно от 1 до 1000 м) до самого последнего времени не могли быть обследованы. В то же время при наземных геоморфологических исследованиях именно по формам такого порядка величины делаются существенные выводы о происхождении и развитии рельефа. Полученные к настоящему времени материалы показывают, что аналогичные формы являются важными и для морской геоморфологии.

В настоящее время сравнительно хорошо изучены крупные формы подводного рельефа, такие, как котловины, желоба, хребты, зоны разломов, а также очень малые формы (знаки ряби и следы животных). Значительно слабее изучены формы среднего размера: террасы суспензионных долин, небольшие сбросовые уступы, склоны лавовых потоков, оползневые борозды и др. Именно недостаток сведений о промежуточных по размерам формах рельефа определяет неполноту наших знаний о подводных геоморфологических процессах и происхождении рельефа дна океана.

Небольшие формы подводного рельефа широко распространены и создаются почти всеми известными агентами морфогенеза. Так, при вулканической деятельности образуются небольшие потоки лавы, конусы, холмы, трещины, ступени. Разрывная тектоника может создавать небольшие уступы, гряды, ущелья, а складкообразование — валы, гряды, пологие депрессии. С деятельностью суспензионных потоков связаны борозды, русла подводных долин, террасы на их склонах, прирусловые валы, конусы и веера выноса, небольшие плоские равнины.

Небольшие формы подводного рельефа и процессы их формирования можно изучать по отдельным профилям и детальным эхолотным съемкам (полигоном), а также посредством статистической обработки профилей и батиметрических карт (количественная морская геоморфология).

Методика изучения глубоководных форм рельефа размером от 1 до 1000 м была разработана в последние годы. Изучение небольших форм рельефа в настоящее время осуществляется узконаправленными эхолотами, установленными на надводных судах или буксируемые надводными судами близ поверхности дна, или установленными на глубоководных научно-исследовательских подводных судах (подлодки, батискафы, мезоскафы). Каждый из перечисленных методов имеет определенные

достоинства и недостатки и каждый из них позволяет получать несколько различающиеся данные. Чтобы полностью охарактеризовать рельеф морского дна, необходимо применять совместно все эти методы.

Рассмотрим основные преимущества и недостатки указанных выше трех методов. Узконаправленное эхолотирование с надводных судов может производиться при нормальной скорости хода корабля и почти при любой погоде; оно обеспечивает получение очень точных профилей дна. Однако чтобы максимально использовать возможности данного метода, необходимо производить детальные исследования (съемки), что требует много времени.

Эхолоты, буксируемые на большой глубине, позволяют получать точные профили наиболее мелких форм рельефа, однако работы осуществляются на самом малом ходу и требуют много времени. Для реализации всех возможностей этого метода также необходимы подробные съемки.

Глубоководные научно-исследовательские подводные суда обеспечивают получение наиболее детальных и разнообразных данных как о морфологии дна, так и о подводных рельефообразующих процессах. Однако такие суда очень дороги и количество их пока невелико.

В данной работе рассматриваются возможности узконаправленного эхолотирования с надводных кораблей. Обычный широконаправленный глубоководный эхолот работает на частотах 10—14 кГц и имеет диаметр излучающего вибратора 0,25—0,5 м, что обеспечивает размер конуса излучения порядка 60—30°. В результате звуковой импульс может быть отражен обратно не только от отражающих поверхностей, расположенных под судном, но и от участков дна, находящихся далеко в стороне от корабля. Для обычных промеров и многих видов исследований это является вполне допустимым. Однако при этом сильно ограничиваются возможности детального исследования морского дна, поскольку не могут быть записаны небольшие, резко выступающие формы рельефа, а из-за многочисленных боковых эхо не может быть получен точный профиль сильно расчлененного дна. В подобных случаях и должен быть использован узконаправленный эхолот. Например, гиросtabilизированный узконаправленный эхолот фирмы «Дженерал Электрик» имеется на корабле «Океанограф» береговой и геодезической служб США. Он работает на частоте 20 кГц, имеет один вибратор диаметром — 1,8 м с излучающим конусом 3°. Вибратор стабилизируется вертикально при помощи гидравлических поршней. В других узконаправленных эхолотах на судах США используется система ориентированных под различными углами вибраторов, которые подключаются электронной аппаратурой таким образом, чтобы при любом положении корабля обеспечивалась работа вибратора, посылающего вертикально направленный звуковой импульс.

Не останавливаясь на особенностях и трудностях дешифрирования записей широконаправленных эхолотов, изложенных во многих работах (Удинцев, 1956; Hoffman, 1957; Cohen, 1959; Krause, 1962; Krause, Menard, Smith, 1964), отметим, что при использовании узконаправленного эхолота многие из проблем широконаправленного эхолотирования становятся несущественными, так как размеры облучаемого эхолотом участка дна сокращаются до нескольких десятков — первых сотен метров, а гиперболы на эхограмме становятся очень короткими.

Узконаправленный эхолот обеспечивает получение: а — точного профиля дна; б — точной глубины под кораблем, в — истинного наклона дна (с учетом курса относительно направления склона); г — профилей небольших форм рельефа, которые обычно незаметны на ленте широконаправленного эхолота (например, узких борозд, Hurley, 1964); д — угла наклона дна с неподвижного корабля при помощи вращающегося вибратора, что особенно важно при работах в районе со сложно расчлененным рельефом.

Последнее из перечисленных преимуществ узконаправленного эхолота было широко использовано на НИС «Академик Курчатов» при работах в рифтовой зоне Аравийско-Индийского хребта (Аксенов, Удинцев, 1967). С помощью рыбопоискового эхолота ХАГ-401, обладающего ко-

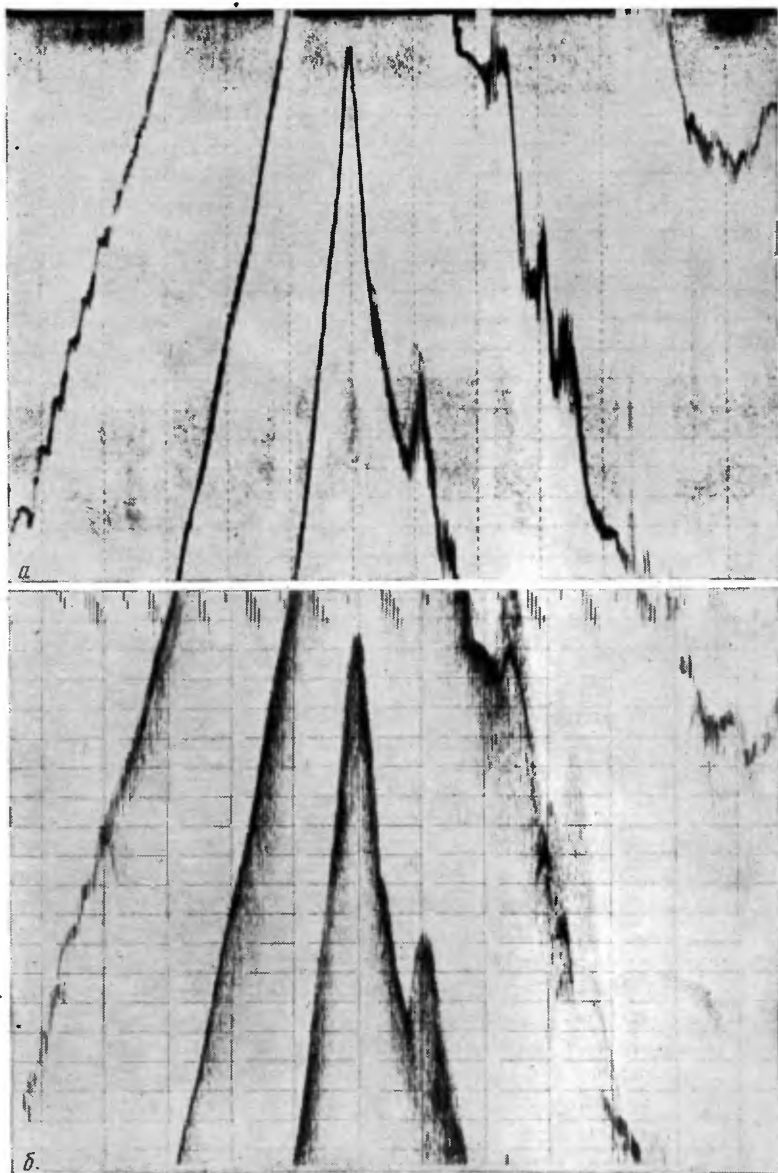


Рис. 1. Запись подводной горы, сделанная на и/с «Океанограф» узконаправленным (а) и широконаправленным (б) эхолотами

нусом излучения 3° , в рейсе определялись направление простирания и углы наклона склонов рифтовых ущелий и гор. Для этого направление звукового луча изменялось до тех пор, пока не получалось наиболее короткое эхо, что соответствовало перпендикулярному отражению звукового импульса от наклонной поверхности дна. При этом угол наклона принимался равным отклонению вибратора от вертикали (искривление звукового луча за счет увеличения плотности воды с глубиной не учи-

тывалось). Направление простираения склона определялось по углу между осью вибратора и диаметральной плоскостью корабля с учетом ориентировки последнего относительно стран света. Все это чрезвычайно облегчает проведение драгировки, траления, фотографирования и других работ, при которых требуется точная привязка к определенным элементам подводного рельефа.

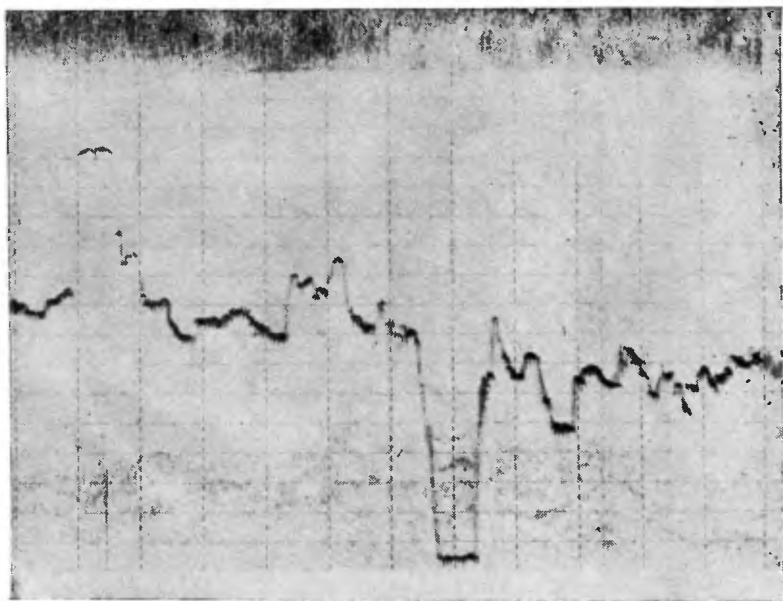


Рис. 2. Запись холмистого дна в южной части Тихого океана, сделанная узконаправленным эхолотом на и/с «Океанограф»

Самым очевидным преимуществом узконаправленного эхолота является резкое увеличение детальности записи и более четкая регистрация узких депрессий дна (рис. 1 и 2). Так, по записям широконаправленного эхолота создалось впечатление, что близ Калифорнии на дне океанической котловины неровности дна связаны с глубоководными холмами, имеющими плавные куполообразные очертания. Исследования, проведенные Скриппсовским океанографическим институтом с помощью буксируемого вблизи поверхности дна эхолота, показали, что эти «округлые холмы» представляют плосковершинные поднятия дна, ограниченные прямыми крутыми уступами. Записи узконаправленного эхолота и/с «Океанограф» также показывают, что подобный тип рельефа широко распространен и в южной части Тихого океана между Новой Зеландией и Чили, вдоль 35° ю. ш. (рис. 2). По-видимому, на ложе Мирового океана широко развиты плосковершинные холмы, имеющие, скорее всего, тектоническое сбросово-глыбовое происхождение.

ЛИТЕРАТУРА

- Аксенов А. А., Удинцев Г. Б. Экспедиция «Витязя» и «Академика Курчатова». — Вестн. АН СССР, № 10, 1967.
 Удинцев Г. Б. О дешифрировании эхограмм. — Тр. ин-та океанол. АН СССР, 1956, т. XIX.
 Cohen P. M. Directional echo sounding in hydrographic surveys. — Int. Hydrogr. Rev., 1959, v. 36, N 1.
 Hoffmann J. Hyperbolic curves applied to echo sounding. — Int. Hydrogr. Rev., 1957, v. 34, N 2.

Hurley R. J. Bathymetric data from the search of USS Thresher.— Int. Hydrorg. Rev., 1964, v. 41, N 1.

Krause D. C. Interpretation of echosounding profiles.— Int. Hydrorg. Rev., 1962, v. 39, N 1.

Krause D. C., Menard H. W. and Smith S. M. Topography and lithology of the Mendocino Ridge.— J. Marine Res., 1964, v. 22, N 3.

Ин-т океанологии им. П. П. Ширшова
АН СССР

Поступила в редакцию
27.X.1969

SOME ASPECTS OF THE NARROWBEAM ECHO SOUNDING IN MARINE GEOMORPHOLOGY

V. F. KANAIEV AND D. C. KRAUS

Summary

The study of small (from 1 to 1000 *m*) features of the bottom topography, which is very important for geomorphological investigations, has become possible after the invention of narrowbeam echo sounders which give a precise profile of bottom topography. The advantages of the narrowbeam echo sounding are shown by data obtained during the scientific expeditions on the r/v «Academician Kurchatov» and «Oceanographer».
