УДК 534.87+551.463

О ХАРАКТЕРИСТИКАХ НЕРОВНОСТЕЙ НА ВЕРШИНЕ ГОРЫ АМПЕР ПО ДАННЫМ ГИДРОЛОКАТОРА БОКОВОГО ОБЗОРА

© 1999 г. В. И. Воловов, А. И. Говоров

Акустический институт им. Н.Н. Андреева РАН 117036 Москва, ул. Шверника, 4 E-mail: bvp@akin.ru
Поступила в редакцию 06.05.98 г.

Приводятся данные обследования вершины горы Ампер с помощью гидролокатора бокового обзора (ГБО). Выявлены квазирегулярные структуры неровностей дна типа гряд. Проводится сравнение полученных результатов с известными данными и с заключениями о возможном происхождении особенностей рельефа горы как следствия ее вулканической деятельности на разных этапах геологической активности, а также выхода вершины на поверхность в результате колебаний уровня Мирового океана. Оценены размеры промежуточных форм рельефа дна на вершине горы.

Подводная гора Ампер обнаружена и нанесена на соответствующие карты достаточно давно [1, 2]. Она расположена в северо-восточной части Атлантического океана к западу от Гибралтарского пролива с приблизительными координатами 35°03' с.ш. и 12°53' з.д. и имеет две вершины, одна из которых (западная) находится на глубине около 300 м, другая (восточная) - около 60 м. В последние одно-два десятилетия гора Ампер вызывала большой интерес у океанологов, морских геологов и геофизиков, что, с одной стороны, было обусловлено редкой спецификой этого образования, в частности исключительно малой глубиной положения ее вершин, сложной вулканической историей горы, субаэральным положением вершин в прошлом и т.д. С другой стороны, по одной из версий местонахождение существовавшего в древности и затем затонувшего государства Атлантида предполагалось именно в районе горы Ампер.

В разные годы здесь проводил исследования ряд отечественных научных организаций на НИС "Академик Мстислав Келдыш", НИС "Академик Курчатов", НИС "Рифт", НИС "Академик Борис Петров" и др. В частности, в 1984 г. в 7-м рейсе НИС "Витязь" Института океанологии АН СССР был выполнен большой комплекс исследований, позволивший составить тщательно выполненную детальную батиметрическую карту горы, и в особенности карту ее вершин [3, 4]. В результате всех исследований, выполненных с использованием средств эхолотного промера, подводного фотографирования и телевидения, подводного наблюдения с обитаемых подводных аппаратов и т.д., был получен обширный материал, который дал достаточно подробную информацию о крупных неровностях горы (по высоте десятки – сотни

метров) и микрорельефе дна (единицы-десятки сантиметров-метры) [3-9]. Между тем количественных данных о промежуточных формах рельефа, характерных для рассматриваемого образования (высота - единицы и более метров; горизонтальные размеры - десятки метров), наиболее эффективно изучаемых с использованием ГБО, в имеющихся материалах явно недостаточно. Лишь в работе [5] представлена запись ГБО, полученная на восточной вершине горы внутри изобаты 100 м. Запись была получена в 30-м рейсе НИС "Академик Курчатов" Института океанологии АН СССР в 1979-1980 гг. с использованием буксируемого аппарата "Звук-4М" [4-6]. Протяженность записи составляла сотни метров при ширине отснятой зоны 370 м.

В 1984 г. гидроакустические эксперименты в районе горы Ампер выполнялись в 27-м рейсе судов Акустического института АН СССР НИС "Сергей Вавилов" и "Петр Лебедев". Исследования проводились на НИС "Петр Лебедев" на ходу судна со скоростью в единицы узлов на восточной мелководной вершине горы с использованием гидролокатора бокового обзора типа "ГЭБО-100", встроенного в корпус судна (частота 100-110 кГц, ширина диаграммы направленности в наклонной плоскости зондирования 2.5°), при одновременном вертикальном облучении дна на частоте 9.6 кГц при ширине диаграммы направленности преобразователей около 40° (модернизированный эхолот) 1. Методика экспериментов, использованная аппаратура и обработка информации были близки к использованным нами в том же рейсе в исследованиях на бразильском шельфе Южной Америки при изучении влияния песчаных гряд на

¹ Результаты публикуются впервые.

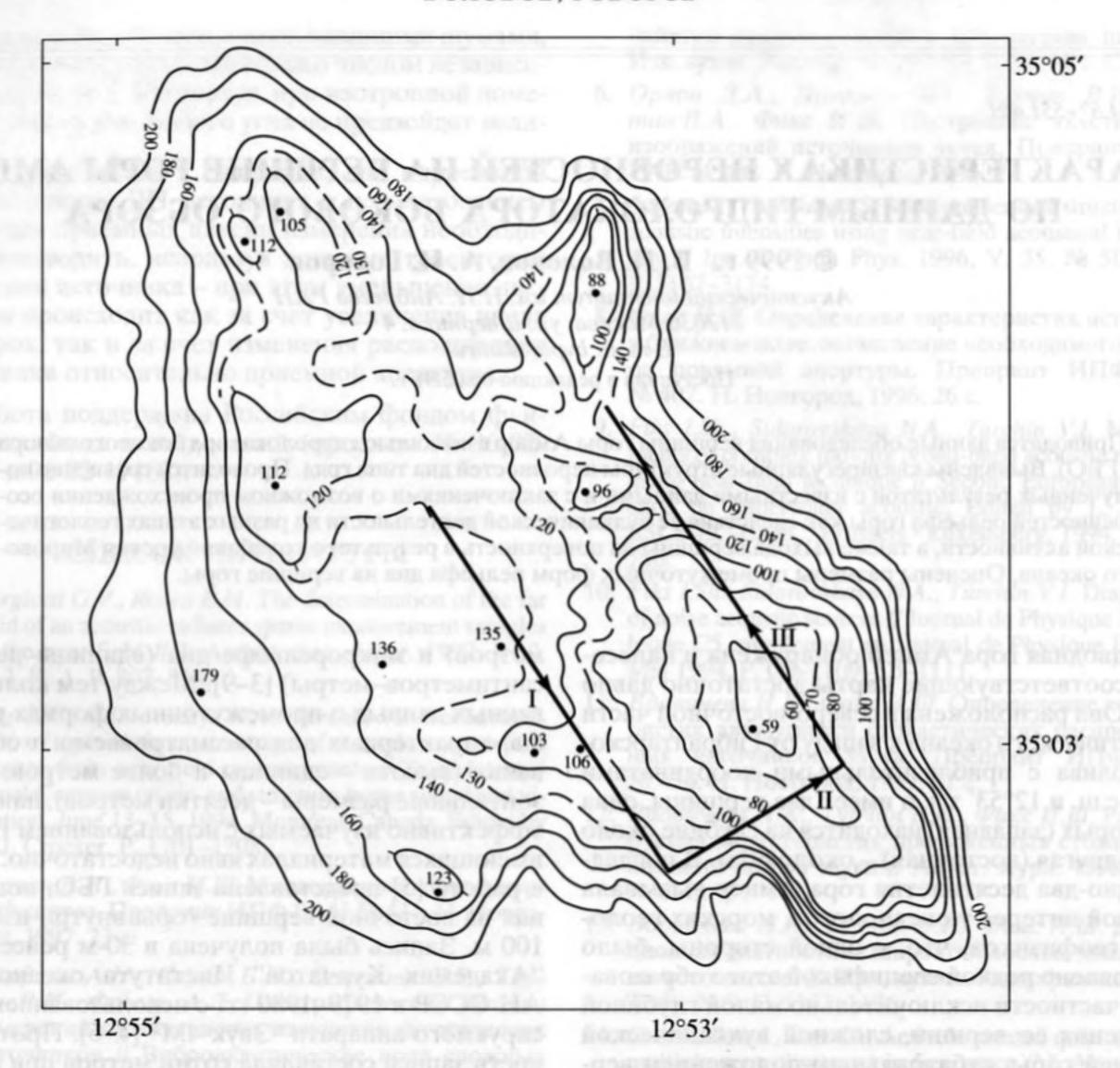


Рис. 1. Схема маневрирования судна при съемке, наложенная на батиметрическую карту из работы [4].

отражение звука от дна на океанском мелководье [10].

Рабочая схема движения судна предусматривала выход на вершину горы; активная часть маневрирования представлена на рис. 1, где штурманская прокладка наложена на батиметрическую карту вершины горы, заимствованную из работы [4]². Как видно, схема маневрирования включала в себя три галса, один из которых (I) был направлен примерно на юго-восток и составил около двух миль в диапазоне глубин 100–140 м. Галс II длиной около 0.8 мили был ориентирован примерно под углом 90° к первоначальному (поворот влево); галс III длиной 2.0–2.2 мили предусматривал выход на наивысшую точку горы (еще один

поворот влево на 90°), что, как видно, удалось осуществить лишь приблизительно, поскольку он пришелся на ее северо-восточный склон, хотя и вблизи вершины, отмеченной в работе [10] глубиной 59 м. Отметим, что галс I приходит примерно вдоль генерального направления изобат, галс II – поперек, а галс III – снова вдоль.

На рис. 2 представлен фрагмент стандартной яркостной записи дна ГБО на галсе I. Запись относится к левому борту судна в диапазоне наклонных дальностей 0–400 м и получена на склоне горы вблизи ее вершины. На рисунке обозначены масштабы изображения по осям; курс движения судна соответствует направлению сверху вниз. На записи достаточно устойчиво регистрируется сигнал, отраженный от дна при нормальном падении, обусловленный боковым лепестком диаграммы направленности антенны, что позволяет непрерывно фиксировать глубину места и таким об-

² Навигационное обеспечение маневрирования реализовывалось с помощью спутниковой системы "Magnavox" и результатов счисления. По-видимому, точность определения положения галсов нельзя считать лучше 150–200 м.

разом определять профиль дна под килем судна по трассе его движения с высоким разрешением.

Как видно из записи, характерным для нее является чередование участков дна, интенсивно рассеивающих звук (темные полосы), с участками со слабым рассеянием (светлые полосы). В отличие от песчаных гряд на шельфе [10] форма, структура и размеры этих участков достаточно многообразны, но совершенно очевидна их вытянутость в направлении, перпендикулярном движению судна, т.е. в направлении, перпендикулярном генеральному направлению изобат по склону горы. Сравнение пространственной структуры рассеянного поля с профилем дна свидетельствует о том, что участки интенсивного рассеяния соответствуют возвышениям рельефа, а слабого рассеяния - понижениям между ними. Важно также то, что изменение курса судна в процессе съемки при переходе с галса І на галс II существенно меняет характер записи, что видно из рис. 3, на котором в неизменных масштабах приведен фрагмент записи, полученный на этом галсе.

Эти данные свидетельствуют о том, что наблюдаемые при съемке эффекты обусловлены существованием на поверхности дна неровностей типа гряд, вытянутых в направлении от вершины к ее подножию. При этом интенсивное рассеяние звука соответствует возвышениям гряд, а слабое понижениям между ними, по-видимому, потому, что гребни являются более "шероховатыми" (длина волны излучения ГБО составляет около 1.5 см), в то время как понижения заполняются относительно мелкозернистым материалом, нивелирующим микрорельеф дна. Изменение характера записи при переходе с галса I на галс II естественно объясняется сменой ракурса, под которым видны гряды: если в первом случае направление зондирования совпадало с генеральным направлением вытянутости гряд, то во втором оно близко к поперечному и показывает, хотя и под некоторым углом, взаимное расположение двух из них.

Используя общепринятые методики обработки результатов гидролокационной съемки дна и оценки характеристик неровностей [11, 12–17] с учетом близкой по целям и выполнению работы [10], можно привести ориентировочные данные о количественных параметрах зарегистрированных гряд, высота которых составляет от 3 до 10 м, ширина – от 8 до 25 м, расстояние между ними от 12 до 35 м. Протяженность гряд превышает, как правило, 200–300 м. К сожалению, на основании имеющихся результатов не удается сделать вывод о симметричности профиля каждой гряды.

Перейдем к данным, полученным на галсе III, проходящем практически через вершину горы



Рис. 2. Фрагмент записи, полученной на галсе I.

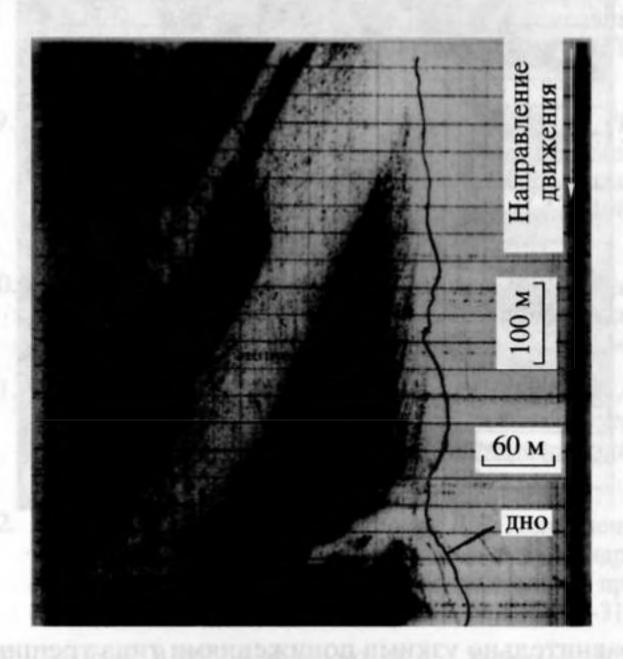


Рис. 3. Фрагмент записи, полученной на галсе II.

при глубинах 60—70 м, который территориально и по направлению близок к представленному в работе [5]. Фрагмент записи, полученный на этом галсе также с левого борта, представлен на рис. 4 в диапазоне наклонных дальностей 0—200 м; полоса обзора приходится на практически плоскую часть вершины. Следует отметить резкое отличие характера записей, полученных здесь и на галсах I и II. Как видно, рельеф здесь очень сложен, трудно интерпретируем и в ряде случаев не поддается однозначной количественной трактовке. На записи виден ряд образований, по-видимому скальных, возвышающихся над средним уровнем вершины горы на 3—5 м, резко пересеченных

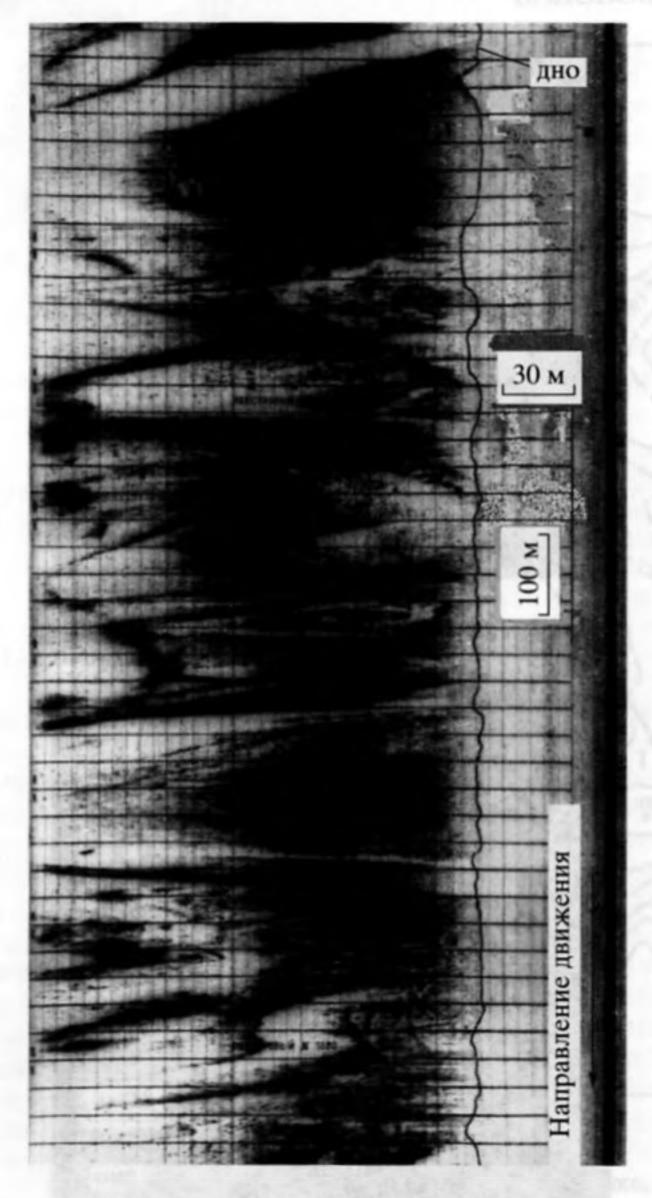


Рис. 4. Фрагмент записи, полученной на галсе III.

сравнительно узкими понижениями типа трещин. В некоторых случаях можно усмотреть ступенчатую структуру рельефа, встречаются замкнутые формы рельефа типа отдельных возвышений. В то же время заметна тенденция к простиранию элементов рельефа в направлении, перпендикулярном движению судна, т.е. перпендикулярном генеральному направлению изобат, хотя и менее четко, чем это наблюдалось на галсе I, что проявляется в заметном различии в азимутальной ориентации отдельных гряд и трещин. В частности, можно выделить группу форм рельефа, азимутальное направление которых отличается от основного на 40°-60°. Ориентировочная оценка характеристик зарегистрированных неровностей приводит к тому, что их высота составляет 2-3 м, ширина гряд 15 м, а понижений и трещин 10 м.

Объяснение и обоснование полученных результатов может быть сделано на основании данных работ [3-9], основанных на взятии образцов грунта поверхности дна, подводном фотографировании, использовании подводных аппаратов. Действительно, неровности поверхности горы и характер их расположения в значительной мере определяются вулканическими проявлениями, характерными для горы Ампер на различных этапах ее формирования. По данным этих работ, для склонов горы (рис. 2 и 3) характерно существование гряд, сложенных базальтами, понижения между которыми заполнены белым детритовым песком и продуктами разрушения наименее устойчивых вулканических пород [4, 5]. Ширина понижений между грядами, оцененная на основании наблюдений с подводного аппарата "Пайсис", составляет десятки метров [5], что, как видно из результатов, приведенных выше, хорошо согласуется с нашими данными. На склонах горы установлены также признаки пиллоу-лав, характерных для подводных излияний. Естественно, что простирание этих гряд имеет направление стекания продуктов извержения, т.е. от вершины к ее подножию. Именно эту ситуацию иллюстрируют данные, полученные на галсах I и II.

Особого рассмотрения заслуживают результаты, полученные на галсе III, и их отличие в характере регистрируемых неровностей от данных, полученных на двух предыдущих галсах. В работе [5], как и по нашим данным, отмечается более сложный характер неровностей на вершине горы по сравнению со склонами, что проявляется в нечеткости границ гряд и значительном различии их ширины при ширине трещин 10-15 м. По заключению многих авторов, вершина горы представляет собой кратер, заполненный как продуктами извержений, так и материалом разрушенных пород и их дальнейшей трансформацией. Поэтому, как подчеркивалось в работах [4, 5], на вершине горы наряду с грядами, сложенными базальтами, широко распространены образования из сцементированных валунов и гальки, что свидетельствует об активных абразионных процессах в периоды эвстатических регрессий уровня океана, причем наряду с другими факторами на формирование неровностей вершины большое влияние оказывали штормовые волны. По данным тех же работ, все формы рельефа вершины горы Ампер разбиты системой взаимно перпендикулярных гряд и трещин под углами 130°-160° и 40°-60°, хотя конкретного объяснения этим фактам и не предлагается. Анализируя рис. 1 и 4, нетрудно убедиться, что зарегистрированные нами формы рельефа преимущественно имеют направление именно второго диапазона из упомянутых. Что касается первого, то он отчетливо не просматривается, возможно из-за неоптимального

ракурса обзора, несовпадения положения галсов в наших экспериментах и в работе [5]. В то же время можно отметить сходство общего характера записей в нашем случае и в работе [5]. Что касается общей тенденции к вытянутости форм рельефа по склону горы, то она является, по-видимому, общей для такого рода геоморфологических структур и на галсе ІІІ проявляется в меньшей степени, чем на галсах I и II, возможно в силу меньшего градиента высоты в первом случае.

Переходя к характеристикам сигналов, отраженных от дна при нормальном падении на частоте 9.6 кГц, можно отметить, что по сравнению со случаем шельфовых песчаных гряд [10] на горе Ампер аналогичных закономерностей установлено не было: не были зафиксированы ни анизотропия отраженного поля при движении судна вдоль и поперек гряд (галсы I и II), ни зависимость характеристик отраженных сигналов от протяженности участка измерений, ни регулярность в характере изменчивости свойств отраженных сигналов. Объяснение этому, по-видимому, заключается в том, что в случае горы Ампер геометрические характеристики гряд не являются достаточно регулярными; роль микрорельефа дна, определяющего случайный характер процесса отражения, является существенно более высокой в силу большего многообразия и большей средней высоты неровностей (об этом свидетельствуют данные подводного фотографирования и наблюдения с подводных аппаратов) [5-7, 9]; размеры отдельных образований рельефа существенно превышают размеры озвученной зоны дна при вертикальном зондировании. Диапазон изменения величины эффективного коэффициента отражения от дна на частоте 9.6 кГц при нормальном падении составлял от 0.16 до 0.34, причем наиболее высокие значения были приурочены к относительно выровненным участкам дна.

В заключение отметим, что вновь приведенные данные подтверждают и дополняют имеющуюся информацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Heezen B.C., Tharp M., Ewing M. The Floor of the Oceans. 1. The North Atlantic // Geol. Soc. Amer. Spec. Paper. 1959. V. 65.
- Tolstoy I. Submarine topography in the North Atlantic // Bull. Geol. Soc. Amer. 1951. V. 62. № 5. P. 441–450.
- 3. Городницкий А.М., Марова Н.А., Шрейдер А.А., Ястребов В.С. Особенности тектонической эволюции подводной горы Ампер (Атлантический океан). Геология океанов и морей // Тезисы 7-й

- Всесоюзной школы морской геологии. Т. 2. М.: 1986. С. 15.
- Марова Н.А., Евсюков Ю.Д. Геоморфология горы Ампер (Атлантический океан) // Океанология. 1987. Т. 27. № 4. С. 608–612.
- 5. Литвин В.М., Матвеенков В.В., Онищенко Э.Л., Руденко М.В., Сагалевич А.М. Новые данные о строении подводной горы Ампер // Океанология. 1982. Т. 22. № 1. С. 87–90.
- Жураховский Б.А., Моряткин В.Н., Попов В.А., Шрейдер А.А., Ястребов В.С. Новая методика исследований вершин подводных гор. Методика и техника гидрофизических и геофизических методов исследований Мирового океана / Сб. ИОАН СССР под ред. Ястребова В.С. М.: 1985. С. 102–109.
- Монин А.С., Ястребов В.С. Фотографирование структур на подводной горе Ампер // Докл. АН СССР. 1980. Т. 254. № 3. С. 755–757.
- 8. Федоров В.В., Бадулин В.В., Данилов И.В., Зарихин И.П. Ландшафтные наблюдения на подводных горах центрально-восточной Атлантики // Тр. ВНИРО. 1979. Т. 136. № 1. С. 109–116.
- Ястребов В.С., Шрейдер А.А., Евсюков Ю.Д., Попов В.А. Подводное фотографирование гор Ампер и Джозефина. Подводные аппараты и роботы // Сб. ИОАН СССР под ред. Ястребова В.С. М.: 1986. С. 126–137.
- Воловов В.И., Говоров А.И. Влияние песчаных гряд на отражение звука от дна на океанском шельфе // Акуст. журн. 1998. Т. 44. № 3. С. 344–348.
- Богородский А.В., Яковлев Г.В., Корепин Е.А., Должиков А.К. Гидроакустическая техника исследования и освоения океана. Л.: Гидрометеоиздат, 1982. 264 с.
- Воловов В.И., Голод О.С., Плахов Д.Д. Повышение точности измерения угла скольжения луча в гидролокаторе бокового обзора // Судостроительная промышленность. Сер. Акустика. 1986. № 1. С. 26–31.
- Говоров А.И., Деминский А.А., Малахов Б.М. О применении обзорно-поискового гидролокатора // Геодезия и картография. 1982. № 6. С. 32–37.
- 14. Говоров А.И., Малахов Б.М., Терехов В.П. Гидролокационная аппаратура для площадной съемки дна и ее применение для целей картографирования // Тр. ЦНИИГАиК. М.: Вып. 238. 1985. С. 3–62.
- Clifford P. Real Time Seafloor Mapping // Sea Technol. 1979. V. 20. № 5. P. 22–24.
- 16. Riyait V.S., Lawlor M.A., Adams A.E., Hinton O.R., Sharif B.S. A Review of the ACID Synthetic Aperture Sonar and Other Sidescan Sonar Systems // Intern. Hydr. Rev. 1995. V. 72. № 1. P. 115–124.
- Oliver F., Cerbenka P., Alias P. Side-scan sonar using phase arrays for high resolution imaging and swath bathymetry // Proc. Radar, Sonar and Navigation. 1996. V. 143. № 3. P. 163–164.

-SATURDER A LOUIS AND SHEET WAS A SHEET TO A SHEET TO SHEET THE SATURDAY OF THE SALE.

TERCHOSTERAN H CATOL DEN SALENDES DE SALENCONSTÂT.

OCCUPANT REPORT REPORTED ON THE RESIDENCE REPORTED TO THE REPORT OF THE PROPERTY OF THE PROPER

Mariticharders, Cen. Arychaga. 1986, 34 1. C. 26-31

Child program of the colean annual of the Administration follows

- TE-FE - P. Aski - Skill stage megasis and according by our

141 Prince on the Management of the Prince of the Prince of the Contract of th

15 House for the least to the first three three Mary pings to Saudi actions in

THE RESERVE OF THE PROPERTY OF

TO MAKE HISTORIA ORGANISTICO MORPHIST REPORTED TO A PROPERTY OF THE PROPERTY O

Thurse than purpose a real period plant of a real real period.

ndffficenestrone Hance Radius. Scenarious billion patentinal

The same room to be a necessary of the late of the late of

Sea-Floor Roughness Parameters Estimated with Side-Scan Sonar at Mount Ampere

V. I. Volovov and A. I. Govorov

The data are presented of surveying the summit of Mount Ampere with the use of a side-scan sonar. Ridge-like quasi-regular structures of the bottom roughness are detected. The obtained data are compared with other available ones and related to the concept of the mount formation by volcanic processes that took place on different stages of the geological activity, including the rise of the summit onto the surface because of variations in the ocean level. Sizes of the intermediate relief forms are estimated for the summit.

fee C. Activities II, 1) of the angle of the control of the contro

33.57 (c. 126.119.776), 160 (. 151.1.076) (L. 1980) (H. 1911) (L. 1911) (H. 1911) (H. 1911)

HOSELER OF REPORTED HER WITH A REPURSE BURNING TO TOTAL OUR

TOTAL SECTION OF THE SECTION OF THE PARTY OF

AND ASSESSED AND DESCRIPTION OF THE PROPERTY O

IN THE STREET PROGRESS ASSESSMENT AND ASSESSMENT OF THE PROGRESS ASSESSMENT A

THE TOTAL CONTROL OF THE PARTY OF THE PARTY

- NO DESIGN REPORT OF REAL PROPERTY OF THE PRO

A THE THE STREET STREET STREET, STREET

THE RESIDENCE OF THE PROPERTY OF THE PROPERTY

Morrow Roy Proof W. Leving M. De Flores of the

The same of the North Whitehay (Little and Same of

TO THE COURT OF THE PARTY OF TH

SUBBRES DOM: 15 to 12 THE DESCRIPTION OF THE STREET OF