

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Богданов Ю. А. Взвесь в морской воде. — В кн.: Гидрофизические и гидрооптические исследования в Атлантическом и Тихом океанах. М., 1974, с. 242—258.

Гордеев Е. Н. Количественное распределение взвеси в поверхностном слое воды в восточной части Атлантического океана. — ДАН СССР, 1963, т. 149, № 1, с. 181—184.

Кленова М. В. Взвешенные вещества в Атлантическом океане как индикатор строения водной толщи. — Труды Института океанологии АН СССР, 1962, т. 56, с. 123—129.

Мратов К. Я. Зоны поднятия и опускания вод Атлантического океана у Западной Африки. — Океанологические исследования, 1971, № 21, с. 97—106.

Лисицын А. П. Методика изучения взвеси с геологическими целями. — Труды Института океанологии АН СССР, 1956, т. 19, с. 204—231.

Лисицын А. П. Осадкообразование в океанах (количественное распределение осадочного материала). — М.: Наука, 1974. — с. 438.

Взвешенные вещества в водах Атлантического океана/[Лисицын А. П., Богданов Ю. А., Емельянов Е. М. и др.]. — В кн.: Осадконакопление в Атлантическом океане. Океанологические исследования. Калининград, 1975, с. 5—199.

Свиренко И. П. Количественное распределение водной взвеси в Атлантическом океане (по данным 2-го рейса РТМ «Белогорск»). — Океанология, 1970, т. 10, № 3, с. 474—478.

Behairy A. K., Chester R., Griffiths A. Y., Johnson L. R., Stoner J. H. The clay mineralogy of particulate material from some surface seawaters of the Eastern Atlantic Ocean. — Mar. Geol., 1975, vol. 18, p. M 45—M 56.

Chester R., Elderfield H., Griffin J. J., Johnson L. R., Padgham R. C. Eolian dust along the eastern margins of the Atlantic Ocean. Mar. Geol. 1972, vol. 13, p. 91—105.

Jerlov N. G. Particle distribution in the ocean. Reports of the Swedish Deep-Sea Expedition 1947—48, Physics and chemistry, 1953, vol. 3, No. 3, Göteborg, p. 73—97.

Kullenberg G. The distribution of particulate matter in a northwest African coastal upwelling area. Suspended solids in the water. New York—London, 1974, p. 195—202.

Schemainda, Nehring R. D., Schulz S. Ozeanologische Untersuchungen zum Produktionspotential der nordwestafrikanischen Wasserauftriebsregion 1970—1973. Geod. und Geophys. Veröff. 1975, B. IV, No. 16, 85 s.

Uda M., Ishino M. Enrichment pattern resulting from eddy systems in relation to fishing grounds. J. Tokyo Univer. of Fish., 1958, vol. 44, No. 1—2, p. 105—129.

### The distribution of suspended matter in the Canary current zone

VARECHKIN B. N.

#### SUMMARY

The results of the measurements of suspended substances in water and determination of their distribution pattern in the Canary current zone are presented. Samples were collected from the surface and deep layers by means of plastic bathometers and then ultrafiltrated. The heaviest concentrations of suspended matter were observed within the oceanic front area and upwelling in the open and inshore waters. The maximum concentration of suspended matter was found in the upper layer. The diurnal observations show that the content of suspended matter in various layers is subject to wide fluctuations with time.

УДК 551.462.6(261.5)

## ЛАНДШАФТНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА ПОДВОДНЫХ ГОРАХ ЦЕНТРАЛЬНО-ВОСТОЧНОЙ АТЛАНТИКИ

В. В. Федоров, В. В. Бадулин, И. В. Данилов, И. П. Зарихин

Мелкомасштабная пространственная изменчивость является характерной чертой подводного ландшафта. Изучение ее имеет практическую важность, поскольку одной из форм пространственной изменчивости

ландшафта является неоднородность распределения гидробионтов. Для исследования пространственной изменчивости основным методом в настоящее время является ландшафтное картирование с использованием подводных средств.

Изучение ландшафтов подводных гор в глубоководных областях океана началось сравнительно недавно. Новые данные были получены в 1973—1976 гг. в ходе океанологических работ ВНИРО в Центрально-Восточной Атлантике на судах «Ихтиандр», «Хронометр», «Академик Книпович», «Профессор Месяцев». Исследовали вершины подводных гор Азорской группы в центральной части океана и гор Мадейро-Канарской группы, расположенных на материковом подножии Северо-Западной Африки (рис. 1). Для изучения ландшафтов подводных гор использованы материалы визуальных наблюдений в 48 погружениях подводного обитаемого аппарата «ТИНРО-2» и более 3 тыс. фотографий, полученных из аппарата и с помощью автоматических фотографирующих устройств (фотоавтоматов). Материалы подводных исследований

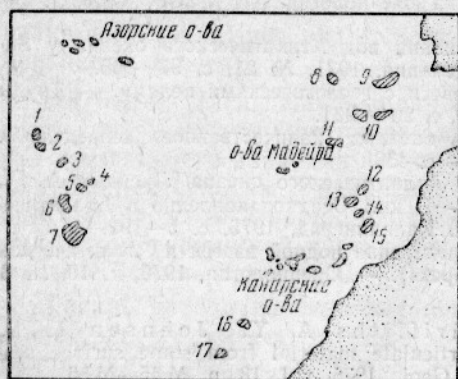


Рис. 1. Подводные горы Центрально-Восточной Атлантики:

- 1 — Атлантик; 2 — Фламинго; 3 — Плейто; 4 — Крюизе; 5 — Эрвинг; 6 — Йер; 7 — Грейт-Метеор; 8 — Жозефин; 9 — Горриндж; 10 — Ампер; 11 — Сен; 12 — Крузенштерна; 13 — Дасия; 14 — «146»; 15 — Консенсон; 16 — Эндевор; 17 — Вендекрейс.

дополнены геоморфологическими и гидробиологическими данными, полученными с помощью традиционных методов.

Некоторые особенности рельефа, донных отложений и бентоса подводных гор Центрально-Восточной Атлантики описаны ранее (Горячев и др., 1975; Ильин, 1976; Лисицын и др., 1977; Heezen and Hollister, 1971; Laughton, 1963; Menzel, 1971; Pratt, 1963).

В настоящей работе делается попытка комплексного описания ландшафтов подводных гор.

**Подводные горы Азорской группы.** Расположенная к югу от Азорских островов группа включает крупные подводные горы — Атлантик, Фламинго, Плейто, Крюизе, Эрвинг, Йер и Грейт-Метеор, которые протягиваются в субмеридиональном направлении более чем на 360 миль. Преобладающие глубины дна океана составляют здесь 4000 м, подводные горы возвышаются над ними на 3600—3700 м. Район является краевой зоной Срединно-Атлантического хребта и удален от гребня на 250—400 миль, от Африканского континента — на 900—1200 миль.

На востоке район гор отделен от материкового подножия Северо-Западной Африки абиссальной равниной Мадейра с глубинами более 5000 м. Горы Азорской группы имеют форму усеченных конусов. В генетическом отношении они представляют собой вулканы (Ильин, 1976), вершины которых были срезаны абразией в третичное время. Минимальные глубины вершинных поверхностей гор колеблются от 250 до 500 м.

Наиболее крупная гора Грейт-Метеор простирается в меридиональном направлении на 26 миль и в широтном — на 17 миль. Наименьшая глубина 276 м. Центральная наиболее мелководная часть возвышается над краем вершины на 89 м. Амплитуда микроформ рельефа на вершине горы составляет 5—10 м в центральной части и 15—20 м в краевой. Переход от вершинной поверхности к склону довольно резкий и

располагается на глубинах 325—380 м. Склоны горы осложнены долинами и террасами, расположенными на глубине 350—650 м. Р. Прайт (Pratt, 1963) отмечает террасу на глубине 690 м. Склоны горы имеют наибольшую крутизну до  $15^\circ$  на глубинах 1000—2000 м, которая уменьшается в диапазоне глубин 2000—3000 м до  $6^\circ$  и в диапазоне глубин 3000—4000 м — до  $2,5^\circ$ .

Донные отложения вершинной поверхности и верхней части склонов горы Грейт-Метеор представлены среднезернистым фораминиферовым песком с примесью раковинок птеропод, обломков раковин двусторчатых моллюсков, кораллов. На фотографиях (Pratt, 1963) видно, что осадки на вершине горы имеют малую мощность и залегают несплошным покровом, наблюдаются обнажения известняков. На глубинах 860—1062 м на склонах горы сфотографирована базальтовая лава. На вершине горы бентос очень беден и представлен губками.

Гора Йер представляет собой узкий хребет с плоской вершиной, вытянутый в направлении с северо-запада на юго-восток на 40 миль. Гора поднимается с глубины 4000 м, имеет две вершины. Наиболее высокая часть горы — северо-западная (282 м); глубина юго-восточной вершины 599 м. Крутизна склонов в диапазоне глубин 500—2000 м в северо-западной части составляет  $20\text{--}25^\circ$ , в юго-восточной части —  $6\text{--}8^\circ$ .

Ландшафты вершины и склонов горы Йер различны. На вершинной поверхности горы сфотографированы крупномасштабные знаки ряби, длина волн которых составляет 80—100 см, высота — около 5 см. На пологих склонах знаков ряби прослеживаются продольные эрозионные бороздки и желобки вокруг обломков коренных пород. Эти формы рельефа свидетельствуют о больших скоростях придонных течений на вершинной поверхности, которые, возможно, достигают 60—70 см/с. Бентос на фотоснимках отсутствует. Обнажения коренных пород редки.

В верхних частях склонов горы обнажения известняков занимают более 50% поверхности дна. Резко увеличивается численность бентоса, представленного в основном губками *Calyx* sp., количество которых достигает местами 6 экз./м<sup>2</sup>. На склонах наряду с живыми губками отмечено много отмерших, являющихся центрами карбонатной цементации.

Гора Эрвинг, расположенная в 120 милях к северо-востоку от горы Грейт-Метеор, имеет общее основание с горой Крюизе. Границей овальной вершины горы Эрвинг является изобата 300 м; минимальная глубина горы 259 м. Протяженность вершинной поверхности по меридиану 16,5 миль, по широте — 10 миль. Вершинная поверхность горы Эрвинг ровная, с небольшим уклоном ( $1\text{--}2^\circ$ ) от центра к периферии. Склоны имеют наибольшую крутизну в диапазоне глубин 300—700 м, особенно в юго-западной части горы ( $20^\circ$ ).

Фотоснимки вершины и склонов горы показывают в основном твердое, ровное дно, сложенное, очевидно, известняком или покрытое известняковыми корками. На вершине горы осадочный покров неоднороден: в центральной части — сплошной и сравнительно мощный, в периферийных частях — прерывистый и тонкий. На фотографиях центральной части вершины видны асимметричные знаки ряби с волнистыми гребнями, северной части — серповидные знаки ряби, южной части — илистое дно. Знаки ряби свидетельствуют о скоростях придонных течений не менее 30—40 см/с. Это значит, что наиболее интенсивной придонной гидродинамикой отличаются северная и восточная части горы, «наветренные» по отношению к поверхностному течению.

Бентос северной и восточной частей горы Эрвинг представлен неподвижными сестонофагами: кремнеуговыми губками, шаровидными асцидиями на длинных ножках, мелкими ветвистыми горгониевыми кораллами и мшанками. В юго-западной части на илисто-песчаных грунтах отмечены полихеты, собирающие вокруг нор органический детрит.

Численность бентоса минимальна в центральной части вершинной поверхности горы и несколько выше в ее краевых зонах. Отмечено качественное и количественное различие состава бентоса склонов северо-восточной экспозиции, «наветренных» по отношению к преобладающему поверхностному течению, и юго-западного «подветренного» склона. На «наветренных» склонах преобладают крупные формы — кремнеугольные губки (рис. 2), асцидии; на «подветренных» — мелкие горгоние-

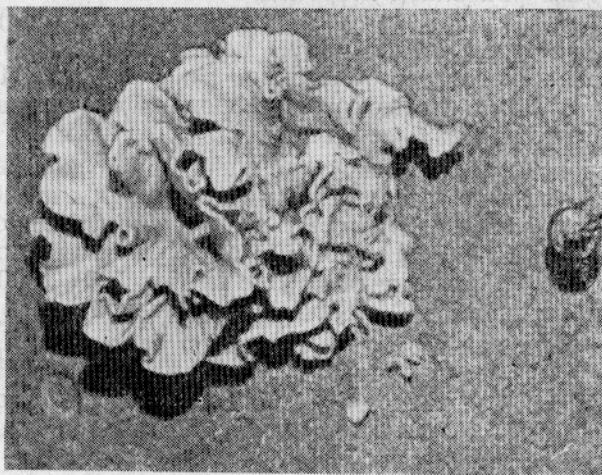


Рис. 2. Кремнеугольная губка на восточном склоне горы Эрвинг. Глубина 495 м, координаты: 32° с. ш., 27° 55' з. д.

вые кораллы. Средняя численность бентоса на склонах северо-восточной экспозиции — 15—20 экз./м<sup>2</sup>, на склонах западной экспозиции — 5—10 экз./м<sup>2</sup>.

**Горы Мадейро-Канарской группы.** Группа этих подводных гор располагается в пределах материкового подножия Северо-Западной Африки и в глубоководных котловинах в районах островов Мадейра и Канарских. Наиболее детальные ландшафтные исследования проведены на горе Дасия, расположенной в 200 милях от Африканского побережья. Наименьшая глубина горы 86 м, размеры в пределах 1000-метровой изобаты: по меридиану 10 миль, по широте 12 миль. Крутизна склонов достигает 20°.

По визуальным наблюдениям из «ТИНРО-2», вершина и склоны горы имеют сложный микрорельеф. Большая часть вершины горы является известняковой ступенчатой равниной, наклоненной на северо-запад под углом 2°. Наиболее высокая часть вершинной поверхности — ступенчатый лавовый массив, поднимающийся над известняковой равниной на 15 м. На склонах горы отмечены оползни, скальные стены, овраги, отпрепарированные дайки. Осадочный покров сравнительно мощный (до 1 м).

Фотографирование и визуальные наблюдения показали большое разнообразие нанорельефа. В северо-западной части вершины развиты крупные продольные волны (рис. 3), которые, по Б. А. Шуляку (1970), создаются винтообразными потоками. Ориентировка продольных волн свидетельствует о преобладании придонного течения на 250°, что соответствует направлению Канарского течения с учетом правого вращения в слое трения. В восточной и южной частях вершины развиты преимущественно правильные асимметричные знаки ряби, небольшая длина

волны которых (12—15 см) указывает на умеренные скорости придонных течений. В западной части вершины следы воздействия придонных течений на грунте отсутствуют. Очевидно, в северо-восточной части горы Дасия, «наветренной» по отношению к Канарскому течению, про-



Рис. 3. Продольные волны в восточной части вершины горы Дасия. Направление придонного течения — справа налево (юго-западное). Глубина 110 м, координаты: 31°08' с. ш., 13°36' з. д.

исходит вынос тонких фракций осадка, а на склонах западной и южной экспозиций, а также в западной части вершины горы — их отложение.

Средняя биомасса бентоса, определенная по 20 дночерпательным пробам, составляет 1,1 г/м<sup>2</sup>. Визуальные наблюдения дают основание полагать, что на участках развития песчаных осадков преобладают сестоноядные животные. Во время движения «ТИНРО-2» вблизи грунта были замечены высывающиеся из норок животные (полихеты?), жабрно-ловчий аппарат которых ориентировался на течение. Средняя численность животных, подсчитанная по фотографиям, — 10 экз./м<sup>2</sup>. Обнажения коренных пород выделяются обильными поселениями на них крупных беспозвоночных. Бентос известняковых гряд и плит представлен горгониевыми (спиралевидными и сетчатыми), белыми одиночными, древовидными кораллами, мшанками. Лава базальтовой гряды покрыта розово-фиолетовым литотамнием, иногда встречаются древовидные кораллы *Dendrophyllia* sp. (рис. 4). Численность фауны известняковых грунтов 5 экз./м<sup>2</sup>. Бедность фауны детритофагов, вероятно, связана с незначительным содержанием органического вещества в грунте (0,15%  $C_{орг}$ ) вследствие перебива осадков и выноса тонких фракций (содержание алеврита менее 10%, пелита — менее 3%).

На пологом западном склоне горы отмечены скопления крупных губок *Calyx* sp. Скальные уступы южного склона густо заселены корковыми губками, мшанками, гидроидами. В верхней части склонов горы Дасия выделяется пояс повышенной численности неподвижных сестонофагов, так же как и на горах Иер и Эрвинг.

На горе Дасия четко различаются ландшафты склонов различной гидродинамической экспозиции. Северо-восточные, «наветренные» склоны и части вершин отличаются наиболее интенсивной гидродинамикой и повышенной численностью бентоса. Несколько ниже скорости при-

донных течений и численность беспозвоночных в юго-западной, «подветренной» части горы. Наименьшей численностью донных животных характеризуются центральная и северо-западная части вершины горы. Возможно, что на илистых песках северо-западной части в условиях

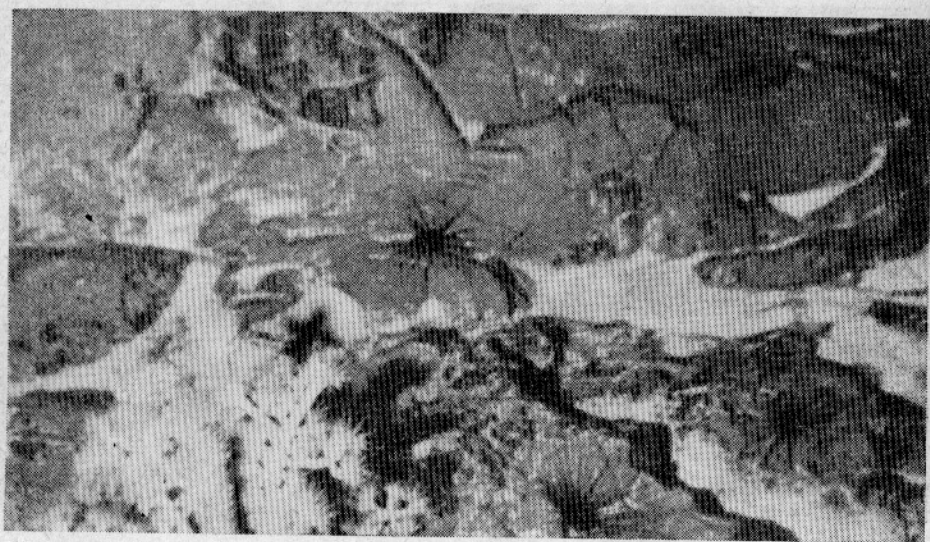


Рис. 4. Бугристая лава базальтовой гряды в восточной части вершины горы Дасия. Поверхность лавы покрыта литотамнием, в углублениях скапливается белый фораминиферово-водорослевый песок. На переднем плане:

древовидный коралл *Dendrophyllia* sp. и морские ежи *Diadema* sp. Глубина 95 м, координаты: 31°09' с. ш., 13°35' з. д.

слабой гидродинамической активности придонных вод преобладают детритофаги.

Ландшафты других подводных гор Мадейро-Канарского района имеют много общего. Вершинные поверхности гор Сен, «146», Консепсьон, Эндевор представляют собой ступенчато-грядовые известняковые плато, среди которых иногда поднимаются гряды, сложенные вулканическими породами (Сен, Эндевор). Покров рыхлых отложений тонок и прерывист. Знаки ряби свидетельствуют о воздействии на дно придонных течений умеренных скоростей. Некоторые данные об осадках и бентосе гор приведены в таблице.

На всех подводных горах подтвердились закономерности ландшафтной дифференциации, установленные на банках Йер, Эрвинг, Дасия. Б. В. Выскребенцев (Аронов и др., 1976) обратил внимание на концентрацию бентоса и придонных рыб в зонах обнажений коренных пород, назвав это явление «эффектом рифа». На некоторых горах (Эндевор) еще ярче проявляется эффект концентрации бентоса на скальных грунтах. Концентрация бентоса объясняется благоприятным для прикрепления субстратом, концентрация рыб связана с использованием в качестве убежищ трещин и каверн в коренных породах. В зонах обнажений коренных пород обитают не только крупные придонные рыбы (каменные окуни, морские налимы, мурены), но и мелкие пелагические рыбы (морской бекас, ставрида). Возможно, мелкие стаи пелагических рыб используют неровности рельефа дна как средство защиты. При обтекании течением скальных гряд пелагические рыбы предпочитают держаться в «подветренных» зонах гряд (наблюдения Б. В. Выскребенцева на горе Эндевор).

Гора	Глубина, м	Тип осадка	Сорг. %	Биомасса бентоса, г/м <sup>2</sup>
Дасия	86	Крупный ракушечно-водорослевый песок	0,15	1,5
Сен	169	Средний фораминиферово-водорослевый песок	0,53	9,3*
«146»	229	Средний фораминиферово-птероподовый песок	1,1	—
Эндевор	262	Средний птероподово-фораминиферовый песок	—	1,2

\* Данные из работы В. Н. Горячева и др. (1975).

Концентрация рыб в зонах грядового рельефа отмечена не только на подводных горах, но также и на банке Кампече, Маскаренском хребте и, естественно, на коралловых рифах. «Эффект рифа» — типичная форма проявления биоценотической неоднородности, сопряженной с литофациальной изменчивостью. Этот эффект широко используется во многих странах для увеличения рыбных запасов путем сооружения искусственных рифов в береговой зоне.

Проведенные исследования показывают, что преобладание неподвижных сестонофагов на вершинах подводных гор обусловлено сильными придонными течениями. На вершинных поверхностях гор из-за низкого содержания органического вещества в осадках отсутствуют зоны детритофагов. Вынос тонких фракций на склоны приводит к появлению в их верхних частях обильных поселений сестонофагов. Эта закономерность отчетливо проявляется на горах Йер, Эрвинг, Дасия, а, по данным В. Н. Горячева и др. (1975), также и на горах Ампер, Жозефин. Именно в верхних частях склонов подводных гор численность и биомасса бентоса наибольшие. Центральные части вершин гор отличаются, как правило, пониженной численностью и биомассой донных беспозвоночных.

Различия ландшафтов частей гор различной гидродинамической экспозиции связаны с особенностями циркуляции вод при обтекании течениями поднятий дна. Модельные эксперименты показали, что над «наветренным» и «подветренным» склонами усеченного конуса возникают подъемы вод (Uda and Jshino, 1958). Подъемы вод, приводящие к выносу биогенных элементов в фотическую зону в определенных областях, вероятно, происходят и на подводных горах. Распределение взвешенных веществ на подводных горах подтверждает эту гипотезу. По данным Б. Н. Варечкина (настоящий сборник), наибольшее содержание взвеси на поверхности и в придонном слое наблюдается в северной («наветренной») стороне горы Дасия (4,1 мг/л). Увеличение содержания взвеси до 2,4 мг/л отмечено и в южной части горы, тогда как над ее центральной частью содержание взвеси минимально (0,8 мг/л). Биомасса планктона в северо-восточной части горы на 30—50% больше, чем в юго-западной части. Аналогичные результаты получены и на горе Сен. По этим данным, повышенную биомассу бентоса «подветренного» и особенно «наветренного» склонов и областей вершин, прилегающих к ним, можно объяснить распределением пищевого материала.

Таким образом, ландшафты подводных гор имеют много сходства и существенных различий. Наиболее значительными отличиями гор Азорской группы от Мадейро-Канарской следует считать более сильные

придонные течения и меньшую численность бентоса. Меньшая расчлененность рельефа обуславливает и более простую морфологическую структуру подводных ландшафтов.

### Выводы

1. Важнейшим фактором, определяющим основные черты ландшафтов подводных гор, является динамика вод. Замедленная седиментация, связанная с сильными придонными течениями, обуславливает абсолютное преобладание в биоценозах сестонофагов.

2. Подъем глубинных вод в «подветренных» и «наветренных» частях гор приводит к повышению численности донной фауны в этих районах.

3. Вынос тонких фракций осадка на склоны приводит к формированию в их верхних частях пояса повышенной численности сестонофагов.

4. Мелкомасштабная пространственная изменчивость бентоса и придонных рыб определяется литофациальной изменчивостью.

5. Горы Азорской группы отличаются от Мадейро-Канарских гор более низкой численностью донных беспозвоночных, меньшей мощностью осадков и большими скоростями придонных течений.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

«ТИНРО-2» в океане/[М. П. Аронов, Б. В. Выскребенцев, И. В. Данилов, Н. В. Савченко]. — Природа, 1976, № 6, с. 86—89.

Горячев В. Н., Зевина Г. Б., Никитина Е. Н. Биоценозы банок района Канарских островов. — В кн.: Всесоюзная конференция по биологии шельфа. Тезисы докладов. Владивосток, 1975, с. 36—37.

Ильин А. В. Геоморфология дна Атлантического океана. — М.: Наука, 1976. — 232 с.

Лисицын А. П., Емельянов Е. М., Ельцина Г. Н. Геохимия осадков Атлантического океана. Карбонаты и кремнезем. — М.: Наука, 1977. — 256 с.

Шуляк Б. А. Физика волн на поверхности сыпучей среды и жидкости. — М.: Наука, 1971. — 400 с.

Heezen B. C. and Hollister C. D. The face of the deep. New York, Oxford Univ. Press, 1971, 659 p.

Laughton A. S. Microtopography. In: „The Sea“, vol. 3, 1963, p. 437—472.

Menzel H. Tiefseekuppen. Z. f. Geophysik, 1971, Bd. 37, N. 4, p. 595—626.

Prair R. M. Great Meteor seamount. Deep—Sea Res., 1963, vol. 10, N 1, p. 17—25.

Uda M. and Ishino M. Enrichment pattern resulting from eddy systems in relation to fishing grounds. J. of the Tokyo Univ. of Fish., 1958, vol. 44, N 1—2, p. 105—129.

### Landscape observations on underwater mounts of the Central East Atlantic Ocean

FEDOROV V. V., BADULIN V. V.,  
DANILOV I. V., ZARIKHIN I. P.

### SUMMARY

The characteristics of the structure of underwater landscapes of summit surfaces of mounts from the Atlantic-Great-Meteor and Madeira-Canary areas are considered. The comparative analysis indicates that the abundance of benthos is much lower in the former area than in the latter where a lower extent of water dynamics and higher abundance of bottom and species are noted. The edges of the summits and upper part of the slopes are characterized with a high abundance of bottom and species whereas benthos is scarce over the central parts of the summits. However the regularity is infringed in the Madeira-Canary area since immovable seston-eating species occur in great abundance over the centres of the summits cut with basaltic juts, particularly over rocky Endeavour mounts. Weather and leeward parts of summit edges are clearly seen. Both landscapes are rich with benthos.