

## РАЗНООБРАЗИЕ РЕЛЬЕФА ПОДВОДНЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ГОР СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ АТЛАНТИКИ

© 2023 А.О. Мазарович, К.О. Добролюбова, С.Ю. Соколов, Н.Н. Турко

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Геологический институт Российской академии наук, Москва, Россия, 119017;  
e-mail: amazarovich@yandex.ru*

Поступила в редакцию 20.02.2023 г.; после доработки 19.03.2023 г.; принята в печать 30.03.2023 г.

Проведен анализ строения вулканических подводных гор группы Атлантис-Греит-Метеор, а также районов архипелагов Островов Зеленого Мыса, Канарского и Азорского. Их наиболее простой тип представляет собой конусоподобное сооружение с одной вершиной (г. Маю). Более сложный тип представлен двумя сближенными вулканическими постройками (г. Нола). Подводные горы формировались также в результате деятельности вулкана центрального типа и трещинной системы (г. Те-Папс). Более сложной морфологией обладают горы, которые возникали в результате деятельности подводного вулкана центрального типа, который сочетался с активностью 3–4 радиальных трещинных вулканических систем (г. Тропик). Подводные горы формировались также только при трещинных извержениях (г. Кондор, Кадамосто). Они представляют собой хребты, протяженностью в десятки км не имеющих четко выраженной вершины. Все описанные типы гор, при их подъеме выше уровня моря, последующей абразии и погружении приводит к созданию плосковершинных построек (гайотов) (г. Сенгор).

*Ключевые слова: подводная гора, гайот, Острова Зеленого Мыса, Канарские острова.*

### ВВЕДЕНИЕ

На ложе Мирового океана расположены хорошо узнаваемые изолированные положительные формы рельефа — подводные горы. Они представляют интерес для лова рыбы, потенциальной возможности добычи кобальта и некоторых других полезных элементов, а также для понимания гидродинамики течений, их воздействия на экосистемы и эволюции вулканических процессов в океане. Кроме того, эти объекты могут представлять опасность для деятельности человека при их разрушении.

Точное количество подводных гор в Мировом океане не известно. По некоторым расчетам (Iyer et al., 2012), основанных на анализе 30" грида глобального рельефа, в Мировом океане существуют 33452 подводные горы (высота  $\geq 1000$  м). По данным анализа данных спутниковой альтиметрии, количество подводных гор с высотой более 1000 м может превышать 100 000 (Wessel et al., 2010).

Как в русско- так и в англоязычной литературе существует множество, но, в целом, близких

определений термина «подводная гора». Приведем только несколько примеров. «Изолированная возвышенность с высотой более 500 саженей [более 900 м — авторы]» (Хейзен и др., 1962, с. 107). «Изолированное поднятие морского дна с относительной высотой более 500 м и четко выраженной конической или куполообразной формы с одной или несколькими вершинами и крутыми склонами. Разновидностью подводных гор являются плосковершинные горы (гайоты)» (Термины..., 1980). В рамках проекта Генеральной батиметрической карты океанов (ГЕБКО) (General Bathymetric Chart of the Oceans — GEBCO) рекомендовалось следующее определение термина. «Крупное изолированное поднятие (или группа изолированных поднятий) с относительной высотой более 1000 м над уровнем дна, часто конической формы» (Газетир..., 2008, с. 2–17). Подчеркивалось, что дефиниция термина должна основываться исключительно на геоморфологическом описании формы и не содержать ссылки на происхождение или состав. Отметим, что такой подход обоснован для

нанесения названий гор на батиметрическую карту, но мало полезен для понимания возникновения того или иного объекта. Приведенный выше список определений термина «подводная гора» может быть расширен, но в этом нет необходимости.

Таким образом, наиболее «существенным разногласием» в определении термина «подводная гора» представляется ее абсолютная высота: она превышает 500 м или составляет более 1000 м. Обсуждение рамок применения терминов «подводная гора» по их высоте не входит в задачи статьи и, поэтому, авторы оставляют за собой право привлекать для геолого-геоморфологического анализа не только горы с высотой более 1000 м, но и рассматривать объекты с высотой 500–1000 м.

Сравнение геологического и геоморфологического строения подводных гор представляет определенную проблему, которая связана с неоднородностью картирования рельефа с применением современных многолучевых гидроакустических комплексов, опробованием коренных пород и определения их возраста. Определенной трудностью также представляется неоднозначность названий объектов и их координат в статьях и в рекомендациях ЮНЕСКО (<https://www.ngdc.noaa.gov/gazetteer/>). Именно по этой причине, в статье, за редким исключением, не будут указываться координаты той или иной горы.

В основу статьи положен анализ обширного литературного материала, который дополнен неопубликованными данными, полученными в 2019 г. на научно-исследовательском судне (НИС) «Академик Николай Страхов».

## ВУЛКАНИЧЕСКИЕ ПРОВИНЦИИ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ АТЛАНТИКИ

В пределах северо-восточной части Атлантики расположены (с юга на север) (рис. 1) архипелаги вулканических островов Зеленого Мыса, Канарский, Селваженш, Мадейра и Азорский, а также многочисленные подводные горы, которые можно объединить в вулканические провинции Островов Зеленого Мыса, Канарской, Атлантис-Грейт-Метеор и Азорской (рис. 2).

### ПРОВИНЦИЯ ОСТРОВОВ ЗЕЛЕНОГО МЫСА

Провинция **Островов Зеленого Мыса** включает одноименный архипелаг, который расположен в 550–800 км западнее побережья Сенегала (рис. 1) и подводные горы (рис. 2, 3).

**Гора Нола** расположена в северо-западной части архипелага в 28 км к западу от острова

Санту-Антан (Masson et al., 2008) (рис. 1) и представляет собой двухвершинную вулканическую постройку. Гора имеет простираие СВ 55° и протяженность 45 км при ширине в 30 км. Она имеет пологий северо-западный склон и более крутой — юго-восточный. Вершины представляют собой столообразные поверхности, расположенные на глубинах 35–70 м. Формирование этих абразионных платформ связывают (Kwasnitschka, 2012) с низким (–126 м) уровнем моря 0.64 млн лет назад. Нижняя часть горы сложена измененными базанитовыми пиллоулавами и вулканокластическими образованиями, а верхняя — базанитовыми и анкарамитовыми лавами. На восточном и западном склонах расположены обвальнo-оползневые цирки (Kwasnitschka, 2012).

В юго-западной части архипелага Островов Зеленого Мыса расположены о-ва Брера и Фогу (рис. 1, 2, 3). В 20 км к юго-западу от о. Брера расположена подводная **гора Кадамосто** (Barker et al., 2021; Grevemeyer et al., 2010; Madeira et al., 2009; Samrock et al., 2019) (рис. 2, 3), которая вытянута в северо-восточном направлении (СВ 30°) и имеет в плане форму эллипса (25×15 км) (рис. 2, 3). Ее основание расположено на глубинах более 4000 м, а вершина — на 1500 м. Она сложена базальтовыми и фонолитовыми пиллоулавами, древнейшие из которых имеют возраст 1.5 млн лет. Помимо этого, в строении постройки принимают участие вулканы позднелайстоценового возраста, наиболее молодые из которых имеют возраст 21 тыс. лет. В 1998 и 2004 гг. в районе горы зафиксированы землетрясения с  $M \geq 4$ . Обвальнo-оползневые отложения установлены на северном и южном склонах горы. Эта подводная постройка по площади, вдвое больше чем о. Брера. Она активно развивается и может представлять угрозу для населения острова.

В 65 км к западу от о. Брера (рис. 1) расположена подводная **гора Тавареш** (Kwasnitschka, 2012) (рис. 2, 3). Она представляет собой наивысшую (500 м) точку хребта (12×3 км), имеющего простираие СВ 30° и оконтуренного изобатой 4200 м, который нарушен разломными зонами северо-западного простираия. Предполагается, что она возникла в результате трещинных извержений.

В восточной части архипелага, на подводном плосковершинном хребте субмеридианального простираия с глубинами 100–300 м (Kwasnitschka, 2012) расположены (с юга на север) острова Маю, Боавишта и Сал (рис. 1). На его восточном склоне и подножье известно несколько подводных гор. **Гора Боавишта** (рис. 2, 3) расположена в 65 км к юго-востоку от одноименного острова. Диаметр основания на глубине 3000 м составляет 24 км. Вершина залегает на глубине

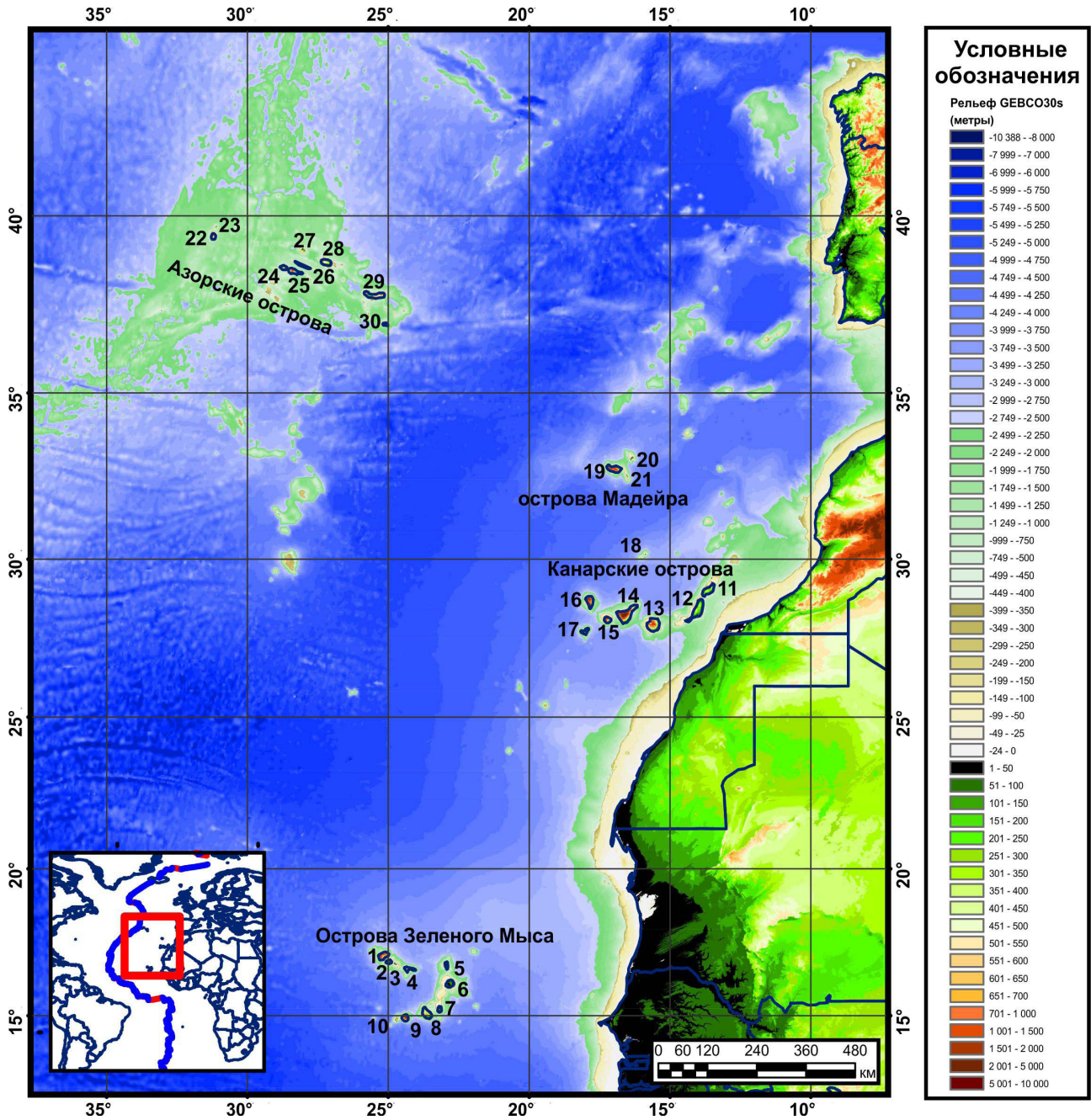
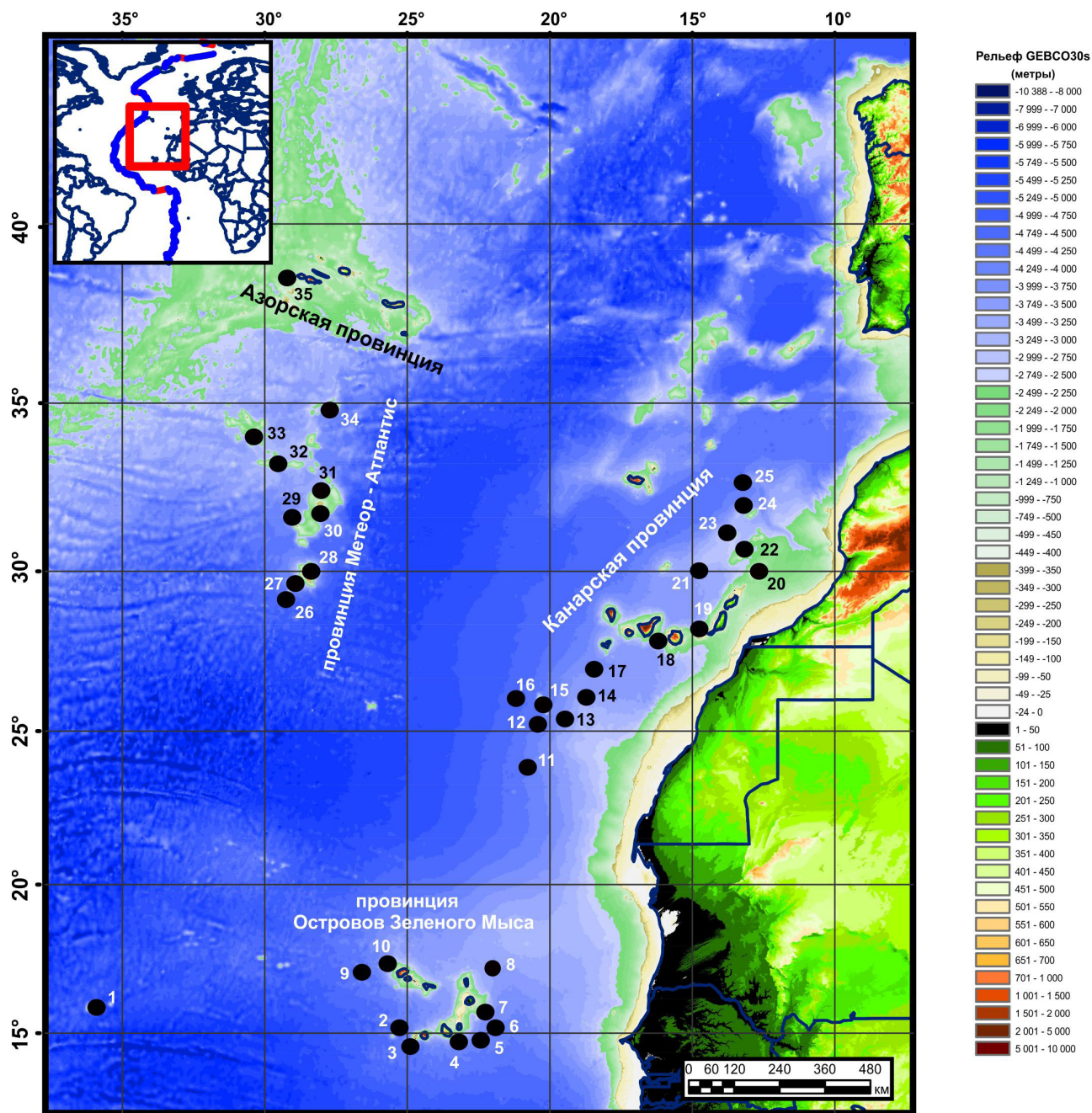


Рис. 1. Названия островов северо-восточной Атлантики, упомянутых в тексте: 1 — Санту-Антан; 2 — Сан-Висенти; 3 — Санта Лузия; Бранку; Разу; 4 — Сан-Николау; 5 — Сал; 6 — Боавишта; 7 — Маю; 8 — Сантьягу; 9 — Фогу; 10 — Брава; 11 — Лансароте; 12 — Фуэртевентура; 13 — Гран Канария; 14 — Тенерифе; 15 — Гомера; 16 — Пальма; 17 — Иерро; 18 — Селваженш; 19 — Мадейра; 20 — Порто Санто; 21 — Десерташ; 22 — Флореш; 23 — Корво; 24 — Файял; 25 — Пику; 26 — Сан-Жоржи; 27 — Грациоза; 28 — Терсейра; 29 — Сан-Мигель; 26 — Санта-Мария. Топооснова — [https://www.gebco.net/data\\_and\\_products/gridded\\_bathymetry\\_data/gebco\\_30\\_second\\_grid/](https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/gebco_30_second_grid/).

Fig. 1. Names of islands of the northeast Atlantic mentioned in the text: 1 — Santo Antão; 2 — São Vicente; 3 — Santa Luzia; Branco; Razu; 4 — São Nicolau; 5 — Sal; 6 — Boavista; 7 — Maio; 8 — Santiago; 9 — Fogo; 10 — Brava; 11 — Lanzarote; 12 — Fuerteventura; 13 — Gran Canaria; 14 — Tenerife; 15 — Gomera; 16 — La Palma; 17 — El Hierro; 18 — Selvagens; 19 — Madeira; 20 — Porto Santo; 21 — Desertas; 22 — Flores; 23 — Corvo; 24 — Faial; 25 — Pico; 26 — São Jorge; 27 — Graciosa; 28 — Terceira; 29 — São Miguel; 26 — Santa Maria. Topobase — [https://www.gebco.net/data\\_and\\_products/gridded\\_bathymetry\\_data/gebco\\_30\\_second\\_grid/](https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/gebco_30_second_grid/).





**Рис. 2.** Названия подводных гор северо-восточной Атлантики, упомянутых в тексте: 1 – Рокет; 2 – Тавареш; 3 – Кадамошто; 4 – Маю Райз; 5 – Маю; 6 – Кабо Верде; 7 – Боавишта ; 8 – Сеньгор; 9 – Содаде; 10 – Нола; 11 – Тропик; 12 – Драго; 13 – Эко; 14 – Бимбаче; 15 – Те Папс; 16 – Ико; 17 – Генри; 18 – Ико де Тенерифе; 19 – Амарей; 20 – Консепсион; 21 – Ласт Минуте; 22 – Нико; 23 – Дация; 24 – Рыбин; 25 – Эс-Сувейра; 26 – Клосс; 27 – Литл Метеор; 28 – Грейт Метеор; 29 – Йер; 30 – Ирвинг; 31 – Круизер; 32 – Плато; 33 – Атлантик; 34 – Тайро; 35 – Кондор. Топооснова – [https://www.gebco.net/data\\_and\\_products/gridded\\_bathymetry\\_data/gebco\\_30\\_second\\_grid/](https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/gebco_30_second_grid/).

**Fig. 2.** Names of seamounts of the northeast Atlantic mentioned in the text: 1 – Rocket; 2 – Tavares; 3 – Nola; 4 – Maio Rise; 5 – Maio; 6 – Cabo Verde; 7 – Boavista; 8 – Senhgor; 9 – Sodade; 10 – Cadamosto; 11 – Tropic; 12 – Drago; 13 – Echo; 14 – Bimbache; 15 – The Paps; 16 – Ico; 17 – Henry; 18 – Ico de Tenerife; 19 – Amaray; 20 – Cosepcion; 21 – Last Minute; 22 – Nico; 23 – Dacia; 24 – Rybin; 25 – Essaouira; 26 – Closs; 27 – Little Meteor; 28 – Great Meteor; 29 – Hyères; 30 – Irving; 31 – Cruiser; 32 – Plato; 33 – Atlantis; 34 – Tyro; 35 – Condor. Topo base – [https://www.gebco.net/data\\_and\\_products/gridded\\_bathymetry\\_data/gebco\\_30\\_second\\_grid/](https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/gebco_30_second_grid/).

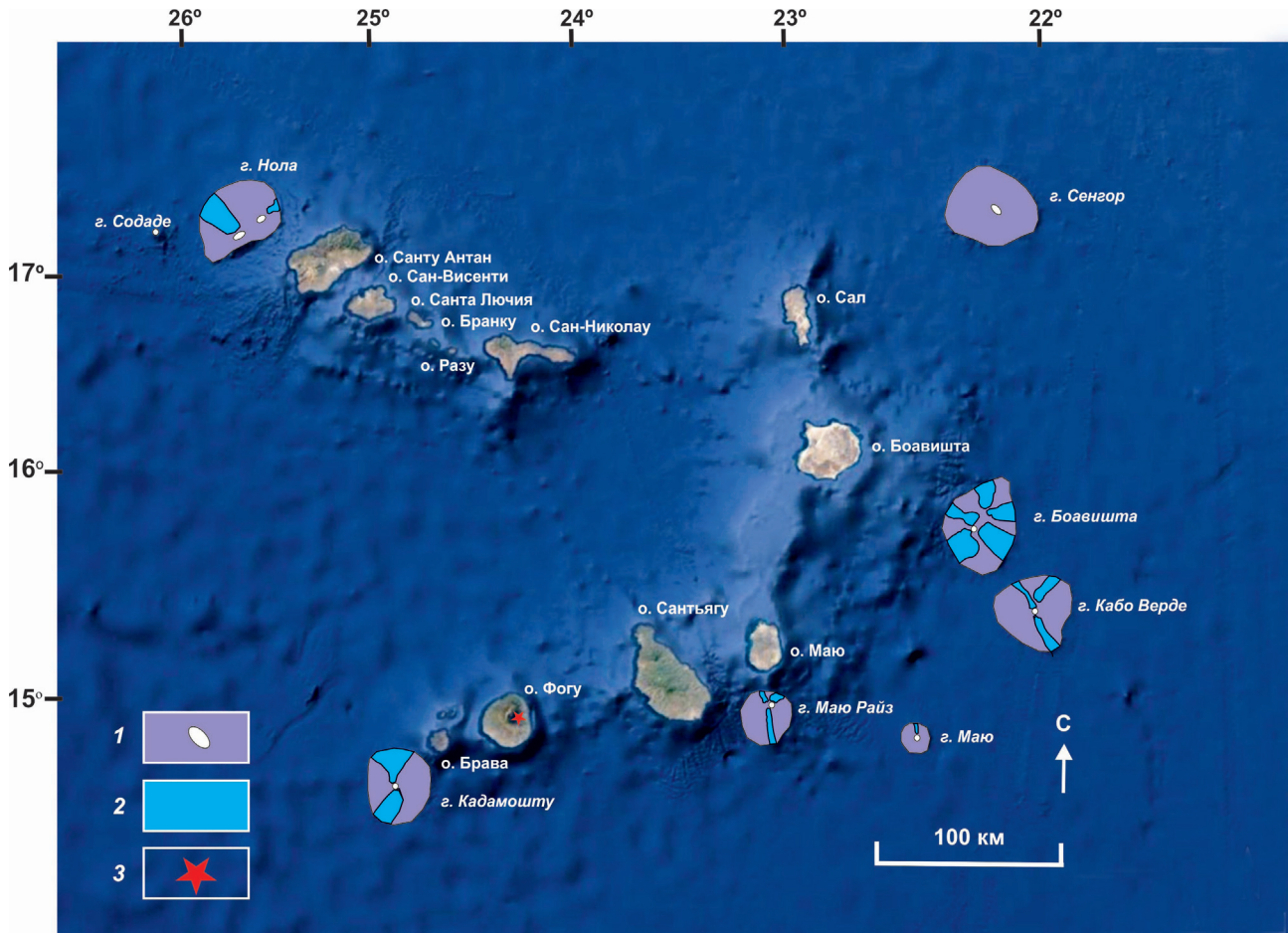


Рис. 3. Подводные горы Зеленомысской вулканической провинции. Топооснова — <https://earth.google.com>: 1 — подводная гора и вершина; 2 — обвальнo-оползневые тела; 3 — активный вулкан Фогу.

Fig. 3. Seamounts of the Cape Verde Volcanic Province. Topo base — <https://earth.google.com>: 1 — seamount and summit; 2 — landslide bodies; 3 — active Fogo volcano.

около 400 м. Склоны осложнены 5-ю оползневыми цирками с диаметрами от 4 до 10 км.

Одновершинная **Гора Маю Райз** (рис. 2, 3) (Kwasnitschka, 2012) расположена в 35 км к юго-востоку от г. Боавишта. Диаметр основания на глубине 3000 м составляет 24 км. Вершина залегает на глубине около 300 м. Гора сложена сильно измененными базальтовыми лавами и вулканокластическими брекчиями покрытыми железомарганцевыми корками, толщиной порядка 5 мм. Склоны осложнены 3-мя оползневыми цирками. В основании некоторых из них находятся участки дна с глыбами и обломками.

Одновершинная **гора Маю** (рис. 2, 3) расположена в 90 км к юго-востоку от одноименного острова (рис. 1) (Kwasnitschka, 2012). Диаметр основания на глубине 4000 м составляет 20 км. Абсолютная высота горы — 2100 м. На ее вершине расположен оползневой цирк и четыре вулканических конуса. Склоны горы осложнены каналами шириной до 500 м и рядом приразломных уступов. В результате драгировок были подняты

толстые железомарганцевые корки и измененные вулканические породы.

Одновершинная гора **Кабо Верде** (рис. 2, 3) расположена в 35 км к юго-востоку от г. Боавишта (Kwasnitschka, 2012). Диаметр основания на глубине 3900 м составляет 35 км. Вершина горы залегает на глубине около 511 м. Она сложена базанитовыми лавами и гиалокластитами, пиллоу-лавами, прорванными дайками и покрытыми железомарганцевыми корками, толщиной в несколько см. На северном и южном склонах горы существуют оползневые уступы, протяженностью более км и высотой до 220 м.

**Гора Сенгор** (рис. 2, 3) расположена в 100 км к северу от о. Сал (рис. 1) (Kwasnitschka, 2012). Диаметр основания на глубине 3000 м составляет 24 км. Субгоризонтальная вершинная поверхность была образована в результате волновой деятельности 0.64 млн лет назад и залегает на глубине около 300 м. Гора сложена измененными базальтовыми лавами и вулканокластическими брекчиями, которые покрыты



железомарганцевыми корками толщиной до 5 мм. На ней нет признаков оползневой деятельности, но на глубинах 500–1000 м на западном и северном склонах существует сложная система грабенов и горстов с которыми связаны обвалы пород.

### КАНАРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Канарская вулканическая провинция расположена западнее побережья Западной Африки и включает в себя 7 крупных островов Канарского архипелага, о-ва Селвеженш (рис. 1) и несколько десятков вулканических подводных гор и холмов. Она может быть, условно, разделена на три части: юго-западную, центральную и северо-восточную.

В юго-западной части провинции на удалении 160–500 км от о. Иерро (рис. 1) расположено несколько подводных гор (рис. 2, 4), которые были обстоятельно описаны (Palomino et al., 2016).

Основание **горы Те-Папс** (Marino et al., 2018; Palomino et al., 2016) оконтурено изобатой 4300 м.

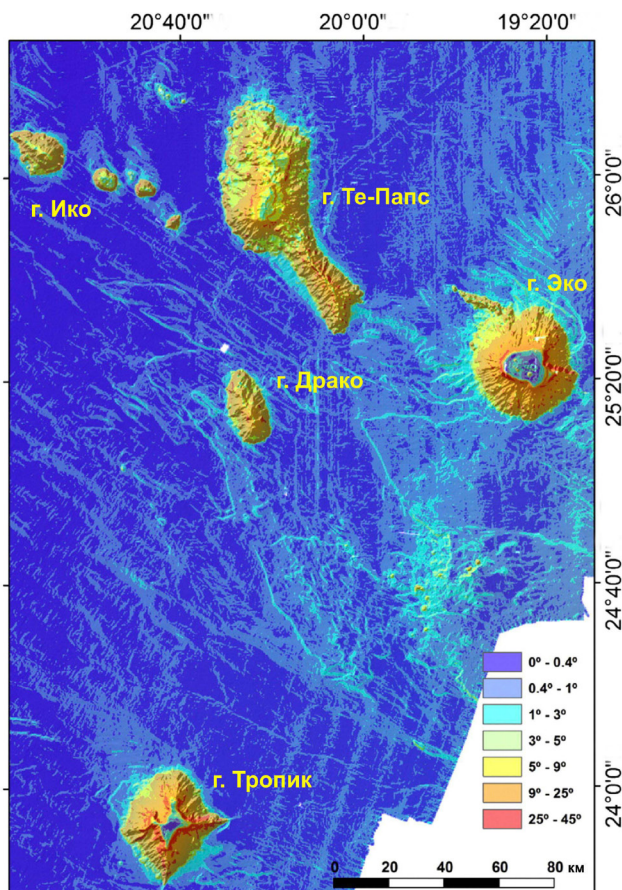
Она представляет собой составную вулканическую постройку субмеридионального простирания с двумя вершинами и хребтом северо-западного простирания, протяженностью порядка 40 км. Минимальная глубина составляет 1600 м. Крутизна склонов изменяется от 5° до 35°. Гора сложена щелочными базальтами и фельзитовыми лапиллями, перекрытыми железомарганцевыми корками. Вулканические породы имеют туронский возраст (91 млн лет). На северо-западном фланге горы на глубине порядка 3500 м расположены стенки отрывов оползней. Их перемещение происходило в западном направлении на расстояние 7–8 км.

Основание **горы Драко** (Palomino et al., 2016) оконтурено изобатой 4300 м (рис. 2, 4). Она представляет собой цепь вулканических конусов, протяженностью порядка 40 км, которые расположены в пределах трещинной зоны северо-северо-западного простирания. Минимальная глубина вершин составляет 2200 м. На северо-западном склоне горы на глубинах 3000–3700 м расположены стенки отрывов двух оползней, протяженностью 7–9 км.

Основание **горы Эко** (Palomino et al., 2016) расположено на глубине 3700 м (рис. 2, 4). Она имеет горизонтальную вершинную поверхность, которая расположена на глубине около 350 м. Над ней возвышается несколько вулканических конусов с минимальной глубиной 255 м. Абсолютная высота гайота составляет 3400 м. Крутизна его склонов изменяется от 5° до 35°. Они осложнены протяженными «промоинами». Глубже вершинной поверхности расположено несколько стенок отрыва оползней. Они имеют высоту до 20 м и протяженность до 12 км.

**Гайот Тропик** имеет абсолютную высоту 3200 м (Palomino et al., 2016). В плане он представляет собой усеченный конус, склоны которого осложнены четырьмя хребтами, протяженностью 10–13 км (рис. 2, 5). Крутизна их склонов изменяется от 5° до 45°. Вершинная поверхность гайота расположена на глубине около 1000 м, а основание — на глубине 4300 м. Он сложена базальтами, гавайитами, трахитами, муджиеритами и трахибазальтами с возрастом 119–114 и, возможно, 60–80 млн лет. Вершинная поверхность и склоны покрыты железо-марганцевыми корками с возрастом 75 и 12 млн лет и фосфатами с возрастом 30–40 млн лет. Столообразная поверхность и конгломераты указывают, что гайот Тропик была островом, который был разрушен волновой абразией, а затем погрузился.

**Гора Ико** (Palomino et al., 2016) имеет высоту 1400 м (рис. 2, 4). Ее основание оконтурено изобатой 4500 м. В плане она имеет эллипсоидную форму, вытянутую в северо-западном направлении (22×15 км). Вершина расположена



**Рис. 4.** Подводные горы и уклоны склонов в юго-западной части Канарской провинции (Palomino et al., 2016).

**Fig. 4.** Seamounts and slope map of the southwestern part of the Canary Islands Volcanic Province (Palomino et al., 2016).

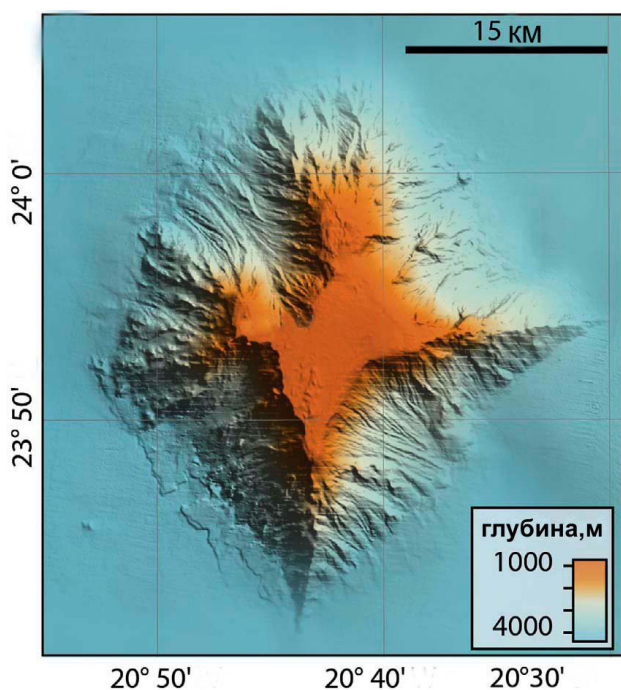


Рис. 5. Рельеф гайота Тропик (Josso et al., 2019).

Fig. 5. Tropic guyot relief (Josso et al., 2019).

на глубине 3100 м. На ней расположено несколько вулканических конусов с диаметром от 0,5 до 5 км. Крутизна склонов изменяется от 2° до 25°. На северо-восточном и юго-западном склонах выявлены четыре стенки отрывов оползней протяженностью 3–6 км. Юго-восточнее горы Ико расположены поднятия такой-же ориентации, наиболее высокое из которых (гора Мальпасо) имеет высоту 750 м.

В центральной части провинции, в проливе между о-вами Тенерифе и Гран Канария (Schmincke, Graf, 2000) расположена подводная **гора Ихю де Тенерифе** (рис. 2), основание которой лежит на глубине 2300 м, а вершина на глубине 1700 м. Она представляет собой конический вулкан, сложенный свежими пористыми фельзитами, их брекчиями и бомбами, пемзами, покрытыми известняками и железомарганцевыми корками. Повышенная сейсмическая активность этого района указывает на активизацию здесь вулканической деятельности и, возможно, приведет к увеличению размеров постройки.

На Восточно-Канарском хребте (Vázquez et al., 2015) северо-восточного простираения с глубинами 50–200 м расположены острова Фуэртевентура и Лансароте (рис. 1). Севернее последнего, на удалении 90 км к северо-востоку, находится плосковершинная гора (банка) Консепсион (Mangas et al., 2015; Rivera et al., 2016) (рис. 2). Это наиболее крупная подводная гора в Канарской вулканической провинции. Она имеет платообразную поверхность (50×45 км) с глубиной от 158 м на востоке и до глубины 1485 м

на западе. Уклоны поверхности дна составляют от 0,5° до 2,7° соответственно. Плато переходит в крутые склоны, которые рассечены многочисленными каньонами протяженностью до 10 км. Наибольшая высота горы Консепсион составляет 2433 м. Она сложена габбро, субвулканическими и вулканическими (потоки лав и пирокластические образования базальтов, фонолитов и трахибазальтов) породами щелочных серий.

### ПРОВИНЦИЯ ПОДВОДНЫХ ГОР АТЛАНТИС-ГРЕЙТ-МЕТЕОР

Южнее Азорских островов, между 29°34' и 35°25' с.ш., расположена группа подводных гор, вытянутая в субмеридиональном направлении примерно на 700 км (рис. 1, 2). Она возникла на океанической коре с возрастом 51–86 млн лет (Tucholke, Smoot, 1990). В англоязычной литературе группа имеет разные названия: «Seewarte Seamounts», «Seewarte Seamount Chain», «Atlantis-Great Meteor Seamount Chain», «Atlantis-Plato-Cruiser-Great Meteor» (<https://www.marineregions.org/gazetteer.php/>). В ее состав включают (Tucholke, Smoot, 1990) 18 подводных гор, 5 из которых (Атлантис, Круизер, Тайро, Грейт Метеор, Йер) имеют плоскую вершину (гайоты). К сожалению, информация о рельефе подводных гор Атлантис-Грейт-Метеор весьма скудная.

На юге провинции расположена **гора Грейт-Метеор**, к юго-западу от которой расположены две небольших горы Литл-Метеор и Клосс (рис. 2). Их основания расположены на глубине 3800 м. Первая имеет выровненную вершину с глубиной 400 м. Вторая представляет собой гору, вытянутую в северо-восточном направлении с глубиной вершины 1400 м.

Наиболее обстоятельно изучена **гора Грейт-Метеор** (Hunt, Jarvis, 2020; Morato et al., 2012; Tucholke, Smoot, 1990) (рис. 2). Она имеет платообразную вершинную поверхность с глубинами 150–300 м (гайот). Основание горы с диаметром около 110 км, расположено на глубине порядка 4500 м. Драгировки и бурение принесли базальты с возрастными от 10,7 до 16,9 млн лет. В нижней части склона **горы Атлантис** (глубина до 2340 м) драгированы детритовые (Чамов и др., 2019) известняки, состоящие из раковин фораминифер и наннопланктона в тонкообломочном кальцитовом цементе. Возраст известняков определен приблизительно как миоценовый (23–5 млн лет). В позднем миоцене–плиоцен (11–2 млн лет) вершинная поверхность горы подвергалась морской абразии, а затем она погрузилась на глубину около 300 м (Чамов и др., 2019). На гайоте развит осадочный чехол, состоящий из карбонатных и пирокластических пород и песков



мощностью от 150 до 600 м. Изучение турбидитов в абиссальной котловине Мадейра (Hunt, Jarvis, 2020) показало, что вулканические постройки провинции Атлантис-Грейт-Метеор неоднократно разрушались оползнями с вероятным возникновением цунами.

### АЗОРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Азорская вулканическая провинция расположена в районе точки тройного сочленения Северо-Американской, Африканской и Евразийской плит (Nunes, 2014). Она включает одноименный архипелаг, состоящий из 9 вулканических островов, 7 из которых расположены в пределах Азорского плато (рис. 1), которое ограничено изобатой 2000 м и представляет в рельефе сложное сочетание подводных хребтов и впадин запад-северо-западного простирания. Подводные вулканические постройки центрального типа в акватории детально в литературе не описаны.

**Гора Кондор** расположена в 17 км юго-западнее о. Фаял и в 100 км к востоку от Срединно-Атлантического хребта на океанической коре с возрастaми 7–10.1 млн лет (Morato et al., 2012; Tempera et al., 2013). Она представляет собой, по изобате 1000 м, хребет, протяженностью 26 км при его ширине в 7.4 км и с высотой 1818 м над прилегающими участками дна (рис. 6). Минимальная высота горы составляет всего 185 м. Восток-северо-восточнее располагается хребет с о-вами Файял — Пику Азорского архипелага. Рельеф горы формировался в несколько этапов.

Он был образован продуктами трещинных извержений, хорошо сохранившимися вулканическими конусами с кальдерами и без, потоками и областями бугорчатого рельефа. Эти формы разрушались оползневыми процессами, формированием каналов и «оврагов». Вершина горы представляет собой выровненную платформу, возникшей при волновом воздействии. На ней выявлены борозды выпаживания айсбергами. Склоны горы Кондор перекрыты осадочным чехлом.

### ОДИНОЧНЫЕ ГОРЫ

Подводные горы известны и за пределами упомянутых выше провинций. Например, юго-западнее вулканической провинции Островов Зеленого Мыса, на расстоянии 1200 км, расположена подводная гора Рокет (15°50'30" с.ш., 36°6'42" з.д.) (Вулканические..., 1989; <https://www.ngdc.noaa.gov/gazetteer/>) (рис. 7). Она не связана с ни с одной из известных горячих точек. Возможно предположить, что в океанической коре могут возникать короткоживущие (эфимерные) и малообъемные магматические камеры.

Основание подводной горы Рокет расположено на глубине 4500 м. Минимальная глубина вершины — 640 м. Поверхность горы покрыта литифицированными известняками среднеэоценового возраста. В 2019 г. на НИС «Академик Николай Страхов» была проведена съемка рельефа многолучевым эхолотом, которая показала, что западная часть горы нарушена оползнем (рис. 7). Протяженность стенки отрыва составляет более 10 км, а ее высота — около

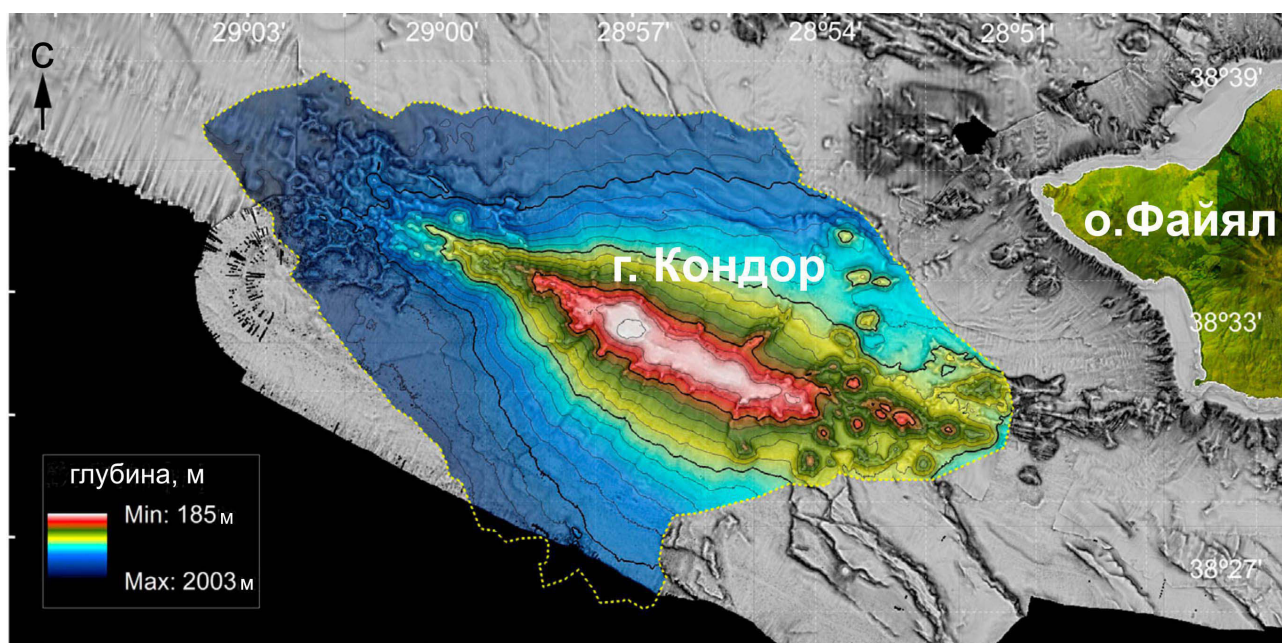
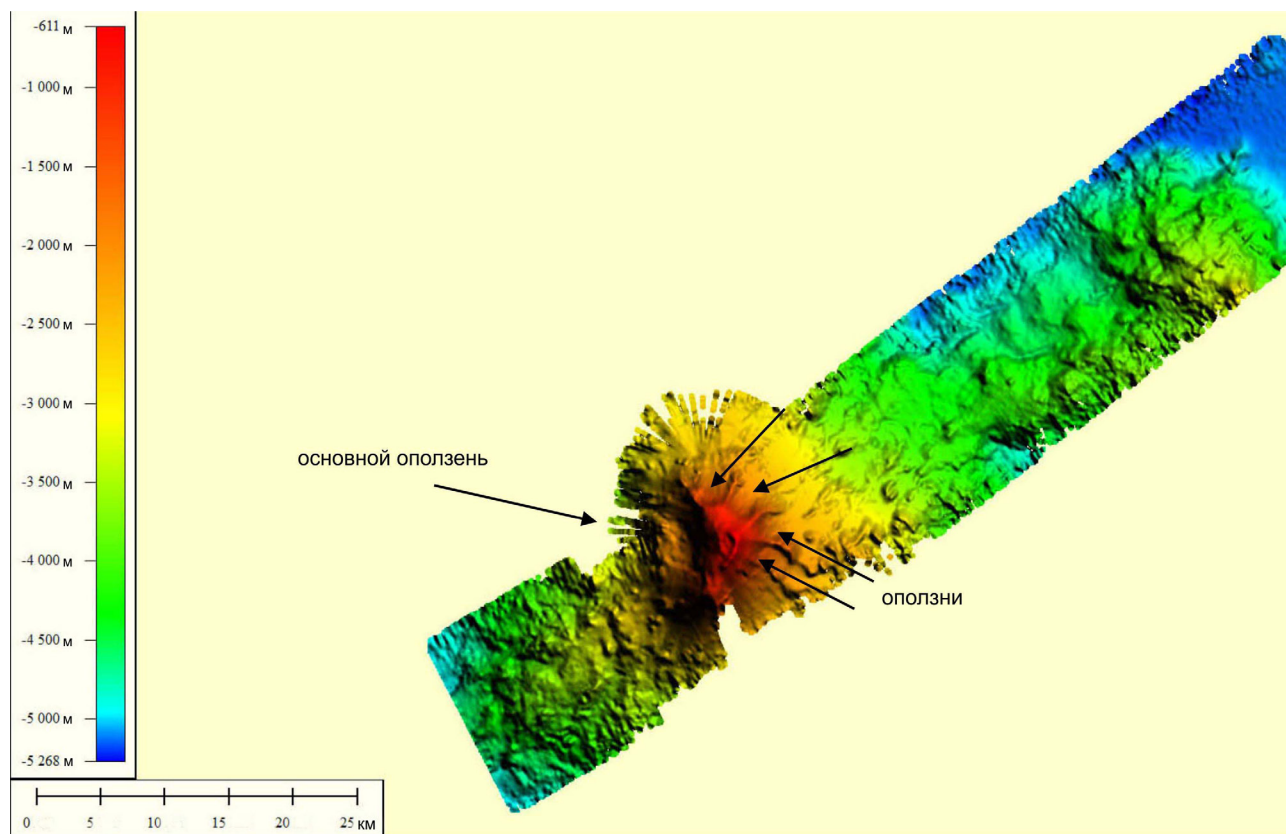


Рис. 6. Рельеф г. Кондор (Tempera et al., 2013).

Fig. 6. Condor seamount relief (Tempera et al., 2013).





**Рис. 7.** Рельеф и оползни г. Рокет (данные, полученные на НИС «Академик Николай Страхов», 2019 г.).

**Fig. 7.** Relief and landslides of Rokat seamount (data obtained on the research vessel «Akademik Nikolaj Strakhov», 2019).

1000 м. Примечательно, что на горе есть циркообразные формы рельефа с протяженностью стенок отрыва ~2 км, которые могут быть интерпретированы как небольшие оползни, возникшие до формирования основного.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

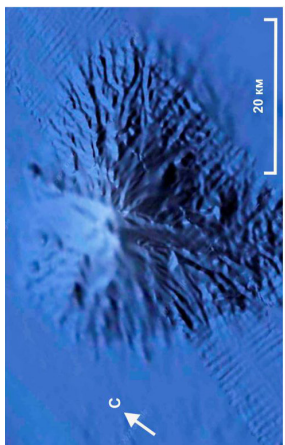
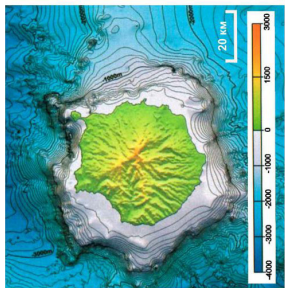
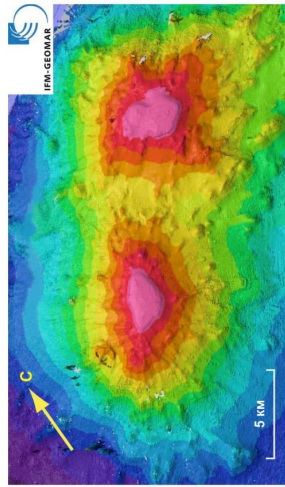
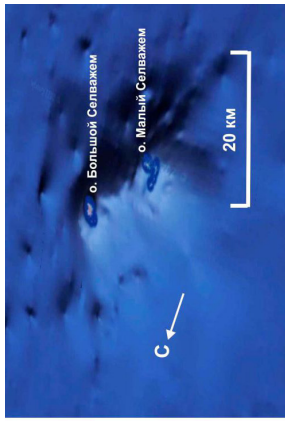
Проведенный анализ показывает, что вулканические подводные горы в северо-восточной части Атлантического океана, отличаются по рельефу и были образованы в результате извержений подводных вулканов центрального типа, трещинных систем или их сочетания. Все перечисленные типы подводных вулканических сооружений имеют аналоги и на островах (рис. 8).

Наиболее простая форма подводных гор представляет собой конусоподобное сооружение с одной вершиной («моновулкан»). Подобные объекты широко развиты, в восточной части Зеленомысской провинции (например, горы Маю и Кабо Верде) (рис. 8а). В случае активного поступления магматического материала, неотектонических движений или изменения уровня моря горы могут подняться выше уровня моря и образовать о-ва типа Фогу, Гран-Канария (рис. 8б) или Гомера.

Более сложный тип подводных гор представлен двумя сближенными вулканическими постройками («двухвершинная гора»). Такой тип объектов может представлять г. Нола (рис. 8в). В случае их поднятия над уровнем моря может сформироваться архипелаг островов типа о-вов Селвеженш (рис. 8г) (Мазарович, 2022).

Подводные горы могут быть образованы также в результате деятельности как подводного вулкана центрального типа, так и трещинной системы («комбинированные горы»). Такой тип объектов может представлять г. Те-Папс (рис. 8д). (Magino et al., 2018). Похожие горы (г. Варвик) известны (Chaytor et al., 2007) и в Аляскинском заливе (Тихий океан). В случае поднятия указанного типа подводных гор над уровнем моря могут формироваться острова, похожие на о. Ян-Майен (рис. 8е) (Мазарович, Соколов, 2022).

Более сложной морфологией обладают горы, имеющие в плане «звездоподобную» форму («астройды») (например, г. Тропик) (рис. 8ж). Они возникали в результате деятельности подводного вулкана центрального типа, который сочетался с активностью 3–4 радиальных трещинных вулканических систем. Трещинное происхождение «лучей» устанавливается, с большой



а

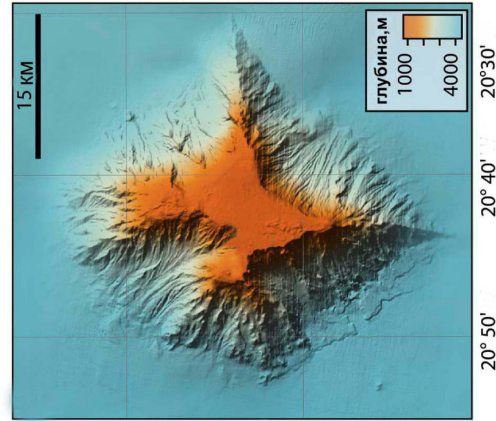
б

В

Г



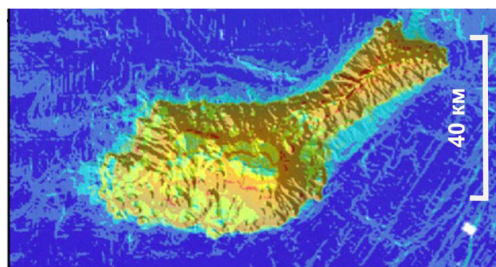
З



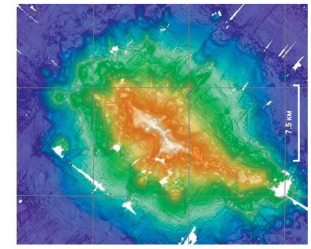
Ж



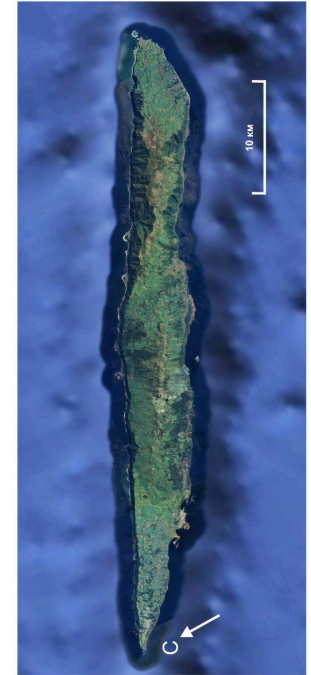
е



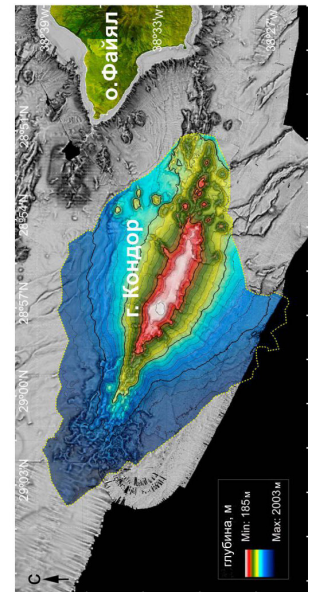
Д



Л



К



И



**Рис. 8.** Сходство строения вулканических подводных гор и островов. 1–6 — подводные горы: 1 — Кабо Верде (<https://earth.google.com>); 2 — Нола (<https://www.ldf.uni-hamburg.de/en/meteor/wochenberichte/expeditionsarchiv-meteor.html>); 3 — Те Папс (Palomino et al., 2016); 4 — Тропик (Josso et al., 2019); 5 — Кондор (Tempera et al., 2013); 6 — Вестерис (Ivarsson et al., 2017). 7–11 — острова: 7 — Гран Канария (Funck; 1998); 8 — Салвеженш (<https://earth.google.com>); 9 — Ян-Майен (<https://earth.google.com>); 10 — Иерро (<https://earth.google.com>); 11 — Сан-Жоржи (<https://earth.google.com>).

**Fig. 8.** Similarities in the structure of volcanic seamounts and islands. 1–6 — seamounts: 1 — Cabo Verde (<https://earth.google.com>); 2 — Nola (<https://www.ldf.uni-hamburg.de/en/meteor/wochenberichte/expeditionsarchiv-meteor.html>); 3 — The Paps (Palomino et al., 2016); 4 — Tropic (Josso et al., 2019); 5 — Condor (Tempera et al., 2013); 6 — Vesteris (Ivarsson et al., 2017). 7–11 islands: 7 — Gran Canaria (Funck; 1998); 8 — Selvagens (<https://earth.google.com>); 9 — Jan Mayen (<https://earth.google.com>); 10 — El Hierro (<https://earth.google.com>); 11 — São Jorge (<https://earth.google.com>).

степенью вероятности, при их сравнении с рифтовыми зонами островов Иерро (рис. 8з) (Hoernle, Carracedo, 2009) и Тенерифе, на которых сходные объекты представлены рядами даек и многочисленными шлаковыми конусами. «Лучи» создавали благоприятные условия для формирования оползневых процессов между ними.

Подводные горы в северо-восточной Атлантике могли формироваться также только при трещинных извержениях. Они, по своей морфологии представляют собой хребты, протяженностью в десятки км с хорошо выраженной приподнятой частью. То есть, они не подходят под общие определения термина «подводная гора», варианты которого были приведены в начале статьи. Тем не менее, эти объекты представляют собой четко выраженные формы подводного рельефа. Гора Кондор (рис. 8и) может быть примером таких объектов (Tempera et al., 2013). В случае поднятия указанного типа подводных гор над уровнем моря могут формироваться острова, похожие на о. Сан-Жоржи (Мазарович, 2022) (рис. 8к)

Трещинные подводные извержения также могли приводить к формированию вытянутых форм подводного рельефа не имеющих четко выраженной вершиной. К ним можно отнести горы эллипсовидного в плане очертания — Кадамосто, Тавареш, а также, за пределами региона, гора Вестерис (рис. 8л), расположенная восточнее о. Гренландия (Ivarsson et al., 2017).

Все вышеописанные типы гор, при их подъеме выше уровня моря, формируют острова, которые подвергаются волновой абразии, что приводит к созданию субгоризонтальных поверхностей при их погружении (гайоты). Они известны во всех вулканических провинциях: Островов Зеленого Мыса (г. Нола, Сенгор), Канарской (г. Тропик) (рис. 5), Метеор (г. Атлантис, Круизер, Тайро, Грейт Метеор, Йер).

На большинстве гор северо-восточной Атлантики установлены обвально-оползневые процессы, которые осложняют их строение.

Работа выполнена по теме госзадания ГИН РАН.

#### Список литературы [References]

- Вулканические поднятия и глубоководные осадки востока Центральной Атлантики. М.: Наука, 1989. 247 с. [Volcanic uplifts and deep-sea sediments in Eastern Central Atlantic. M.: Nauka, 1989. 247 p. (in Russian)].
- Газетир географических названий форм подводного рельефа, показанных (или тех, которые могут быть показаны) на ГЕБКО и на Международных гидрографических мелкомасштабных сериях карт (1:2 250 000 и мельче): 4-е изд. Ч. 2: Стандартизация наименований форм подводного рельефа. Монако: Международное гидрографическое бюро, 2008. С. 2–1 — 2–21 [Gazetteer of Geographical Names of Undersea Features shown (or which might be added) on the GEBCO and on the IHO small-scale international chart series (1:2 250 000 and smaller). 4 ed. Pt. 2: Guidelines for the Standardization of Undersea Feature Names. Monaco: International Hydrographic Bureau, 2008. P. 2–1 — 2–21 (in Russian)].
- Мазарович А.О. Оползневые процессы на вулканических постройках северо-восточной части Атлантического океана // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2022. № 1. Вып. 53. С. 89–103. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2022-1-53-89-103> [Mazarovich A. O. Landslide processes on volcanic edifices in the north-eastern part of the Atlantic ocean // Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle. 2022. № 1(53). P. 89–103 (in Russian)].
- Мазарович А.О., Соколов С.Ю. Опасность разрушения вулкана Беренберг (остров Ян-Майен, Норвежско-Гренландское море) // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2022. Т. 504. № 2. С. 163–167. DOI: 10.31857/S2686739722060111 [Mazarovich A. O., Sokolov S. Yu. The Risk of Destruction of Berenberg Volcano (Jan Mayen Island, Norwegian–Greenland Sea) // Doklady Earth Sciences. 2022. V. 504. Part 2. P. 368–371 (in Russian)].
- Термины. Понятия. Справочные таблицы. Отв. редактор Горшков С.Г. Главное управление навигации и океанографии Министерства обороны СССР, 1980. 156 с. [Terms. Concepts. Reference tables. Rep. Ed. Gorshkov S.G. Main Directorate of Navigation and Oceanography of the USSR Ministry of Defense, 1980. 156 p. (in Russian)].
- Хейзен Б., Тарп М., Юинг М. Дно Атлантического океана / Под ред. Г.Б. Удинцева. М.: Изд-во иностранной литературы, 1962. Ч. 1. 148 с. [Heezen B. C., Tharp M., Ewing M. The Floors of the Atlantic Ocean.

- Ed. Udintsev. M.: Izdatelstvo Inostrannoy Literaturey. 1962. Pt. 1. 148 p. (in Russian)].
- Чамов Н.П., Стукалова И.Е., Соколов С.Ю. и др.* Тектоно-седиментационная система подводных гор Атлантики–Метеор (Северная Атлантика): обстановки вулканизма и седиментации в позднем миоцене—плиоцене, положение в ряду атлантико-арктических структур // Литология и полезные ископаемые, 2019. № . С. 418–438. <https://doi.org/10.31857/S0024-497X20195418-438> [*Chamov N.P., Stukalova I.E., Sokolov S.Yu. et al.* Tectonic-Sedimentary System of the Atlantis–Meteor Seamounts (North Atlantic): Volcanism and Sedimentation in the Late Miocene-Pliocene and Position in the Atlantic-Arctic Rift System // Lithology and Mineral Resources, 2019. V. 54. №. 5. P. 374–389. <https://doi.org/10.1134/S0024490219050043>].
- Barker A.K., Rydeblad E.M., Silva S.M.D.M.* Magma Storage at Ocean Islands: Insights From Cape Verde. In: Crustal Magmatic System Evolution: Anatomy, Architecture, and Physico-Chemical Processes, Geophysical Monograph 264, First Edition. 2021. Edited by Masotta M., Beier C., Mollo S. P. 45–78. <https://doi.org/10.1002/9781119564485.ch3>
- Chaytor J.D., Keller R.A., Duncan R.A. et al.* Seamount morphology in the Bowie and Cobb hot spot trails, Gulf of Alaska // Geochemistry, Geophysics, Geosystems., 2007. V. 8. P. 1-26 Q09016. <https://doi.org/10.1029/2007GC001712>
- Grevemeyer I., Helffrich G., Faria B. et al.* Seismic activity at Cadamosto seamount near Fogo Island, Cape Verdes—formation of a new ocean island? // Geophysical Journal International. 2010. V. 180. Iss. 2. P. 552–558 <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2009.04440.x>
- Iyer S.D., Mehta C.M., Das P. et al.* Seamounts — characteristics, formation, mineral deposits and biodiversity // Geologica Acta . 2012. V. 10. № 3. P. 295–308. <https://doi.org/10.1344/105.000001758>
- Funck T., Schmincke H.-U.* Growth and destruction of Gran Canaria deduced from seismic reflection and bathymetric data // Journal of Geophysical Research. 1998. V. 103. №. B7. P. 15393–15407.
- Hunt J.E., Jarvis I.* The lifecycle of mid-ocean ridge seamounts and their prodigious flank collapses // Earth and Planetary Science Letters. 2020. V. 530. 115867 P. 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2019.115867>
- Kwasnitschka T.* Evolutionary Stages of Submarine Volcanism in the Cape Verdean Archipelago. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades an der Mathematisch Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel vorgelegt. Kiel. 2012. 136 p.
- Madeira J., Brum da Silveira A., Mata J., Mourão C.* Perigos Geológicos na Ilha Brava (Cabo Verde) // Conference Paper. Conference: APMG 2009 — 6.º Simpósio de meteorologia e geofísica da APMG e 10.º Encontro Luso-Espanhol de Meteorologia At: Costa da Caparica, Portugal. 2009. P. 29–34.
- Mangas J., Quevedo-González L.Á., Déniz-González I.* Oceanic intraplate volcanic islands and seamounts in the Canary Current Large Marine Ecosystem. In: Oceanographic and biological features in the Canary Current Large Marine Ecosystem. Valdés L. and Déniz-González I. (eds). IOC-UNESCO, Paris. IOC Technical Series, 2015. № 115. P. 39–51. <http://hdl.handle.net/1834/9175>
- Marino E., González F. J., Lunar R. et al.* High-Resolution Analysis of Critical Minerals and Elements in Fe–Mn Crusts from the Canary Island Seamount Province (Atlantic Ocean) // Minerals. 2018. V. 8. № 285. P. 1–36. <https://doi.org/10.3390/min8070285>
- Mitchell-Thome R.C.* Geology of the middle Atlantic Islands. Berlin, Stuttgart: Gebrüder Bornträger, 1976. 382 p.
- Morato T., Kvile K.Ø., Taranto G.H. et al.* Seamount physiography and biology in North-East Atlantic and Mediterranean Sea // Biogeosciences Discussion, 2012 V. 9. P.18951–18992. <https://doi.org/10.5194/bgd-9-18951-2012>
- Nunes J.C.* The Azores archipelago: islands of geodiversity. In: Volcanic Tourist Destinations. Series: Geoheritage, Geoparks and Geotourism. Erfurt-Cooper, Patricia (Ed.) 2014. V. XVIII, P. 1–19 [https://www.researchgate.net/publication/299409585\\_The\\_Azores\\_Archipelago\\_Islands\\_of\\_Geodiversity](https://www.researchgate.net/publication/299409585_The_Azores_Archipelago_Islands_of_Geodiversity)
- Palomino D., Vázquez J.-T., Somoza L., León R. et al.* Geomorphological features in the southern Canary Island Volcanic Province: The importance of volcanic processes and massive slope instabilities associated with seamounts // Geomorphology. 2016. V. 255. P. 125–139.
- Rivera J., Canals M., Lastras G. et al.* Morphometry of Concepcion Bank: Evidence of Geological and Biological Processes on a Large Volcanic Seamount of the Canary Islands Seamount Province // PLOS ONE. 2016. P. 1–33. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156337>
- Samrock L.K., Wartho J.-A., Hansteen T.H.* 40Ar-39Ar geochronology of the active phonolitic Cadamosto Seamount, Cape Verde // Lithos. 2019. V. 344–345. P. 464–481. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2019.07.003>
- Schmincke H.-U., Graf G.* DECOS / OMEX II, Cruise No. 43, 25 November 1998–14 January 1999. METEOR-Berichte, Universität Hamburg, 00-2. 2000. 99 p.
- Tempera F., Hipólito A., Madeira J. et al.* Condor seamount (Azores, NE Atlantic): A morpho-tectonic interpretation // Deep Sea Research. Pt. II Topical Studies in Oceanography. 2013. V. 98. P. 24–37. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.09.016>
- Tucholke B.E., Smoot N.C.* Evidence for Age and Evolution of Comer Seamounts and Great Meteor Seamount Chain From Multibeam Bathymetry // Journal of Geophysical Research. 1990. V. 95. № BII. P. 17555–17569.
- Vázquez J.T., Alonso B., Fernández-Puga M.C. et al.* Seamounts along the Iberian Continental Margins // Boletín Geológico y Minero. 2015. V. 126. Iss. 2–3. P. 483–514.
- Wessel P., Sandwell D.T., Kim S.* The Global Seamount Census // Oceanography. 2010. V. 23. № 1. Special Issue on Mountains in the Sea. P. 24–33.



РАЗНООБРАЗИЕ РЕЛЬЕФА ПОДВОДНЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ГОР  
**VARIETY OF THE RELIEF  
OF THE NORTH-EASTERN ATLANTIC VOLCANIC SEAMOUNTS**

**A.O. Mazarovich, K.O. Dobrolyubova, S.Yu. Sokolov, N.N. Turko**

*Federal State Budgetary Institution of Science Geological Institute RAS, Moscow, Russia, 119017*

Received February 20, 2023; revised March 19, 2023; accepted March 30, 2023

The structure of the volcanic seamounts of the Atlantis-Great Meteor group, as well as areas of the archipelagos of the Cape Verde Islands, the Canary Islands and the Azores was analyzed. Their simplest type is a cone-like structure with one peak (Mt. Maio). A more complex type is represented by two closely spaced volcanic edifices (Mt. Nola). Seamounts were also formed as a result of the activity of a central-type volcano and a fissure system (Mt. Te-Paps). A more complex morphology is represented by mountains that were formed as a result of the activity of an underwater volcano of the central type, which was combined with the activity of 3–4 radial fissure volcanic systems (Mt. Tropic). Seamounts were also formed only during fissure eruptions (Mts. Kondor, Kadamosto). They are ridges, tens of kilometers long without a clearly defined peak. All of the above types of mountains, with their rise above sea level, subsequent abrasion and subsidence, lead to the creation of flat-topped structures (guyots) (Mt. Sengor).

*Keywords: seamount, guyot, Cape Verde Islands, Canary Islands.*