

УДК 551.4(97:261)

ГЕРАСИМОВ И. П.

ВОПРОСЫ, КОТОРЫЕ СТАВИТ ГЕОМОРФОЛОГИЯ АЗОРСКИХ ОСТРОВОВ

Описывается геологическое строение и основные черты геоморфологии самого крупного из островов Азорского архипелага — о. Сан-Мигел, который автор посетил в январе 1977 г. во время 24-го рейса научно-исследовательского судна «Академик Курчатов». Всестороннее изучение океанических вулканических островов, подобных Азорским, приобретает особое значение в свете новой концепции глобальной тектоники плит.

В результате проведенного анализа геологических материалов и их геоморфологической интерпретации поставлен ряд вопросов локального и регионального значения и подчеркнута важность их разработки.

В январе 1977 г. во время 24-го рейса научно-исследовательского судна «Академик Курчатов» (Ин-т океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР) имел место краткий заход судна, выполнявшего в основном глубоководные океанологические исследования, на Азорские острова (Португалия). Портом захода был г. Понта-Делгада, административный центр Азор, расположенный на самом крупном острове архипелага — Сан-Мигеле. Благодаря любезности директора местного Ин-та наук о Земле, д-ра Виктора Форзаца (Victor H. Forjaz), нам удалось совершить на этом острове две полевых экскурсии, произвести некоторые полевые наблюдения и ознакомиться с научными материалами. Среди этих материалов наряду с геологической картой о. Сан-Мигел в м-бе 1:50 000, изданной в форме двух листов общей геологической карты Португалии, большой интерес представляли материалы международного рабочего совещания по геотермальной энергии, проведенного CCMS в сентябре 1975 г. в Понта-Делгада. В настоящей статье эти материалы широко используются¹.

Природа Азорских островов изучалась уже давно и имеет достаточно разностороннюю литературу, но опубликованную в основном на португальском языке. Уже одно это обстоятельство оправдывает появление настоящей статьи. Но еще более важным мне представляется то, что океанические вулканические острова, подобные Азорским, приобрели сейчас особое значение в свете столь популярной в наше время концепции глобальной тектоники плит. Их всестороннее изучение, доисследование и даже переисследование прежде всего в геоморфологическом, геологическом и геофизическом отношениях не менее необходимо, чем проводимые глубоководные океанологические работы. Точнее, можно сказать так: будет невозможно, вероятно, разрабатывать и уточнять далее концепцию глобальной тектоники плит, не связав возможно более тесно проводимые океанологические исследования с изучением вулканических островов. Судя по литературе, имеющейся по Азорским островам, такое положение — по крайней мере для них — еще далеко не достигнуто. Но первые шаги в этом направлении делаются.

¹ Наиболее интересные результаты геологических исследований, проведенных до 1974 г. на Азорах, излагаются в коллективной статье G. K. Muecke, J. M. Ade-Hall et al. (1974).

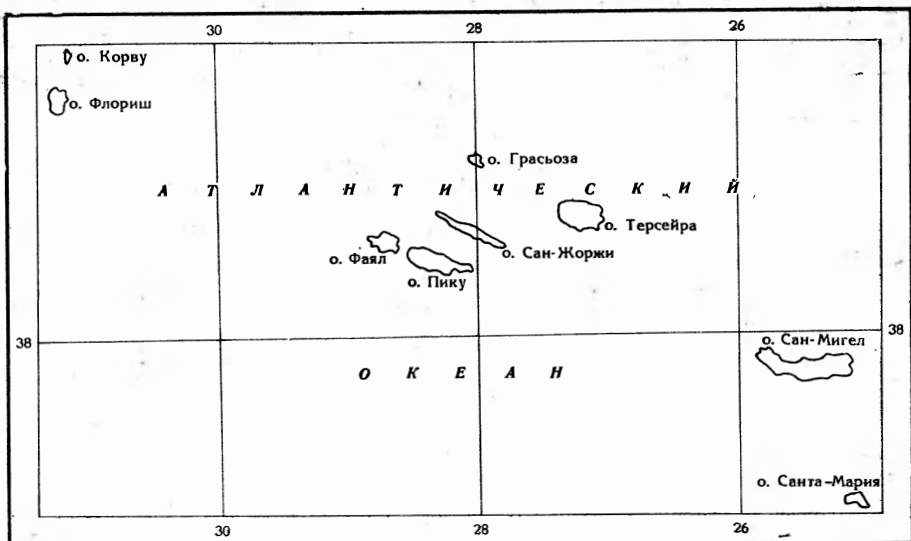


Рис. 1. Азорские острова

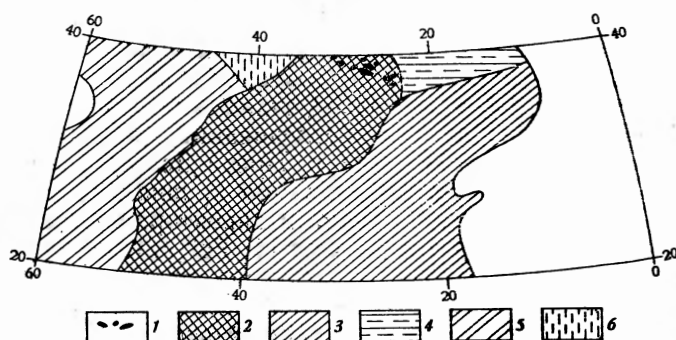


Рис. 2. Морфоструктурное положение Азорских островов (по Е. М. Емельянову, А. П. Лисицыну, А. В. Ильину, 1975).

1 — Азорские острова; 2 — Северо-Атлантический хребт; котловины: 3 — Канарская; 4 — Западно-Европейская; 5 — Северо-Американская; 6 — Ньюфаундлендская

Как известно, Азоры представляют собой цепь (архипелаг) океанических островов, протянувшуюся на 360 км, с юго-востока на северо-запад, почти в центральной части Атлантического океана (рис. 1). Острова образуют три группы: юго-восточную, включающую острова Сан-Мигел и Санта-Мария; центральную — острова Терсейра, Грасьоза, Сан-Жоржи, Пику и Фаял и северо-западную — острова Флориш и Корву. Как уже отмечалось, наибольший из них — о. Сан-Мигел (290 кв. миль).

Азорские острова имеют вулканическое происхождение. Согласно взглядам ряда исследователей (Емельянов, Лисицын, Ильин, 1975), весь Азорский архипелаг находится в пределах Северо-Атлантического хребта (рис. 2). Однако на физической карте Атлантического океана м-ба 1:10 млн. (ГУГК, 1971) только северо-западная и центральная группы островов располагаются в средней части Северо-Атлантического хребта.

В вышеупомянутых материалах Международного рабочего совещания по геотермальной энергии (Geological excursions) указывается, что юго-восточные острова (Сан-Мигел и Санта-Мария) и центральные образуют цепь, пересекающую Срединно-Атлантический хребт, тогда как северо-западная группа (Флориш и Корву) находится западнее

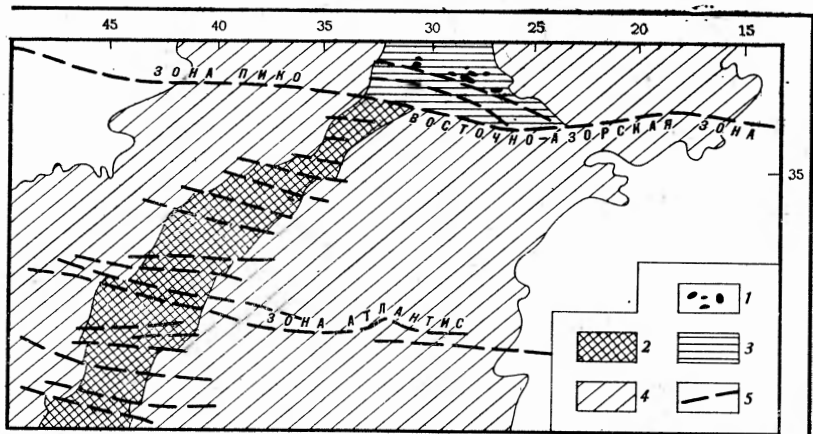


Рис. 3. Морфоструктурное положение Азорских островов (по El. Uchupi, K. O. Emery, C. O. Bowiz, S. D. Phillips, 1975).

1 — Азорские острова; 2 — Срединно-Атлантический хребет; 3 — Азорское плато; 4 — абиссальные холмы; 5 — зоны разломов

хребта. Здесь же сообщается, что Д. Краузе (Krause, 1970) считает, что Азорские острова расположены в районе соединения Атлантического Срединно-океанического хребта с Восточно-Азорской зоной разломов. При этом центральный о. Терсейра как бы находится на северном конце этого соединения (Krause, 1965). Наконец, по новейшим материалам американских авторов (Uchupi et al., 1975), Азорские острова находятся целиком в пределах Азорского плато, являющегося непосредственным продолжением Срединно-Атлантического хребта (рис. 3). В соответствующем месте последних материалов говорится, что «особенно длинный и, вероятно, очень сложный комплекс зоны разломов пересекает Срединно-Атлантический хребет около 38° с. ш.² Его восточная часть известна как Восточно-Азорская зона разломов (Krause, 1965), причем Д. Краузе и Н. Уоткинс (Krause and Watkins, 1970) постулируют, что эта зона соединяется через рифтовую зону Терсейра в тройной узел, испытывающий быстрый спрединг (расширение) с северной стороны более, чем с южной. Свидетельством продолжения главной зоны разломов является длинная линия «Side-Scan sonar» (Laughton et al., 1972)». Важность этой зоны разломов заключается в том, что ее считают границей Евразийской и Американской плит на основании сейсмоки и различия в скоростях спрединга, направленных магнитных аномалий, а также различий в топографии и внутреннем строении той и другой стороны (Laughton et al., 1972). Таким образом район Азорских островов и окружающие их площади океанического дна рассматриваются в новейших океанологических работах как очень активная зона рифтогенеза и спрединга.

Вероятно, именно поэтому все Азорские острова активны в вулканическом отношении. На островах Санта-Мария, Флориш и Корву вулканизм проявляется и в настоящее время; на других островах он имел место в историческое время. В материалах вышеуказанного совещания на Азорах помещен, например, следующий рассказ. Португальцы заняли Азорские острова между 1433 и 1438 гг. Во время первых путешествий их навигаторы ориентировались на высокий горный пик, расположенный в северо-западной части о. Сан-Мигел. Однако в течение указанного периода этот пик исчез. Один из ранних историков Азорских островов пишет: «Когда они (навигаторы) прибыли сюда из Португалии, произошло пробуждение огня — эрупция, которая первый раз ста-

² Азорские острова расположены между 37 и 40° с. ш.

ла известной на этом острове в виде горящего пика на северном конце острова, вблизи пункта Мостериос, в районе Сете Сидадес. Моряки на судне заметили в море много пепла и стволы деревьев, которые плавали по неизвестной причине. Когда колонисты поселились в своих соломенных хижинах, они почти всегда слышали..., громкий рев и шум, выходящий снизу..., причиной чего было опускание земли и горение пика, который затем исчез...» (Geological excursions).

Д-р Виктор Форзац подарил нам свою книгу (совместную с Фредерико Мачадо), опубликованную в 1968 г. на португальском языке (Machado, Forjaz, 1968). В ней подробно описаны вулканические эрупции на о. Фаял, происходившие в период с 1957 по 1967 г. Этот труд, богато иллюстрированный картами, схемами и фотографиями, может служить примером довольно подробной характеристики проявления современной вулканической активности на Азорских островах. К сожалению, он не включает петрографических данных о составе лав и пирокластического материала, свойственного эрупциям различного времени. Однако и тот материал, который здесь помещен, очень интересен. Он свидетельствует не только о весьма бурной современной вулканической деятельности на о. Фаял (центральная группа, расположенная в пределах рифта), но и о многих других явлениях и процессах, сопровождающих вулканизм. В частности, например, хорошо показано образование (точнее, приращение) новой островной суши (за счет формирования лавовых полей, накопления пирокластического материала и т. д.) во время эрупции 1957—1958 гг. На рисунках, заимствованных из

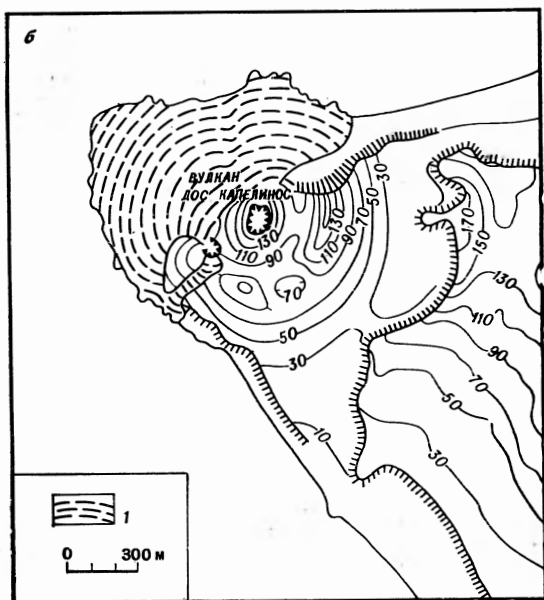
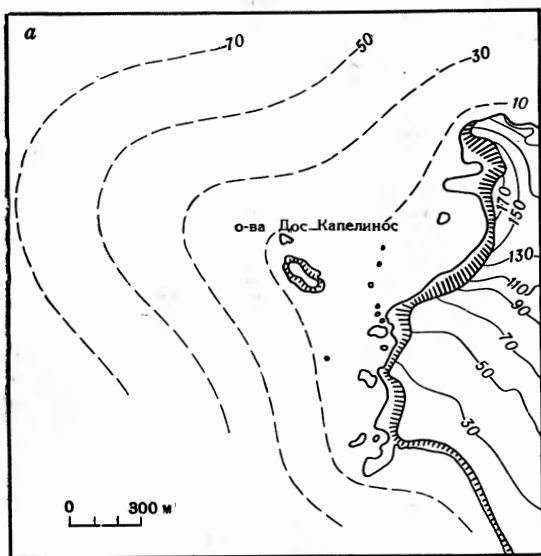


Рис. 4. Приращение суши о. Фаял в результате вулканических эрупций 1957—1958 гг. (по F. Machado, V. Forjaz, 1968).

а — северо-западная оконечность о. Фаял до 1957—1958 гг.; б — то же после эрупций 1957—1958 гг. 1 — лавовые покровы

указанной книги, показано существование вблизи северо-западной оконечности о. Фаял до 1957—1958 гг. лишь двух небольших островков Дос Капелинос (рис. 4, а) и формирование в 1957—1958 гг. здесь же в

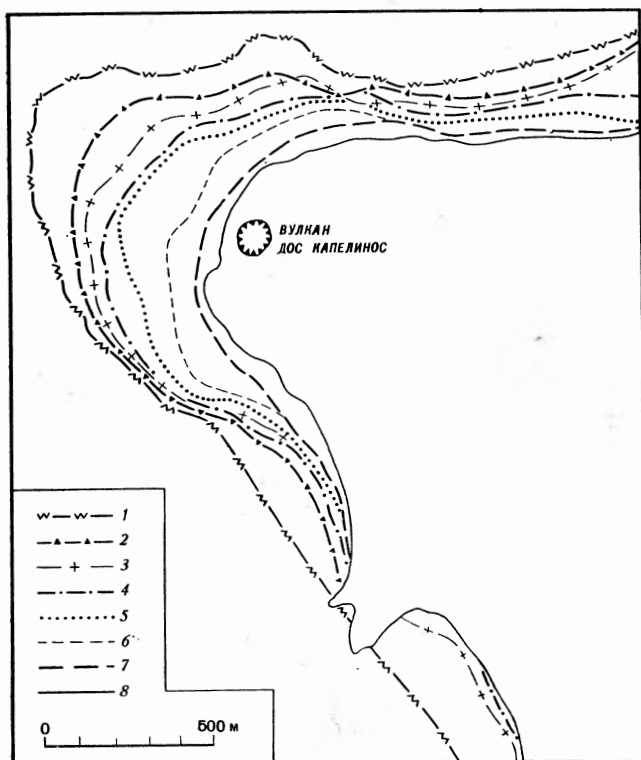


Рис. 5. Сокращение суши о. Фаял (северо-западная оконечность) вследствие опускания, обусловленного вулканическими эрупциями 1958—1966 гг. (по F. Machado, V. Forjaz, 1968).

Положение береговой линии: 1 — XI.1958 г.; 2 — VI.1959 г.; 3 — IX.1962 г.; 4 — IX.1963 г.; 5 — IX.1964 г.; 6 — IX.1965 г.; 7 — IX.1966 г.; 8 — III.1967 г.

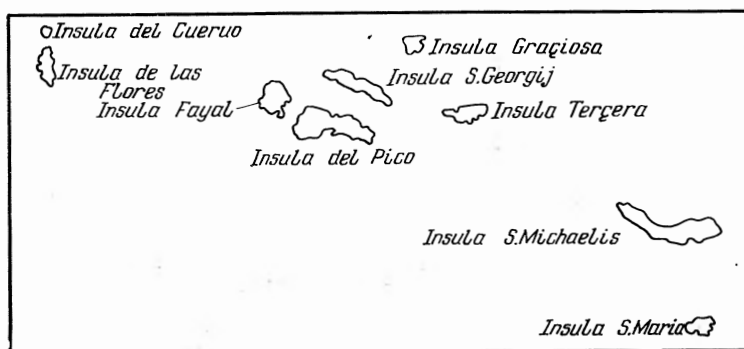


Рис. 6. Старинная португальская карта Азорских островов

результате ряда последовательных эрупций не только крупного вулкана Дос Капелинос высотой более 160 м над ур. океана, но и целого нового северо-западного мыса на о. Фаял за счет главным образом лавовых покровов (рис. 4, б). На рис. 5 показан противоположный процесс — постепенное опускание значительной части этого же мыса, имевшее место в период 1958—1966 гг. и фиксированное перемещением береговой линии. Интересно отметить, что как процесс образования новой суши (рис. 4), так и ее сокращения вследствие опускания (рис. 5) происходили в результате последовательных вулканических эрупций, видимо, их различных фаз.

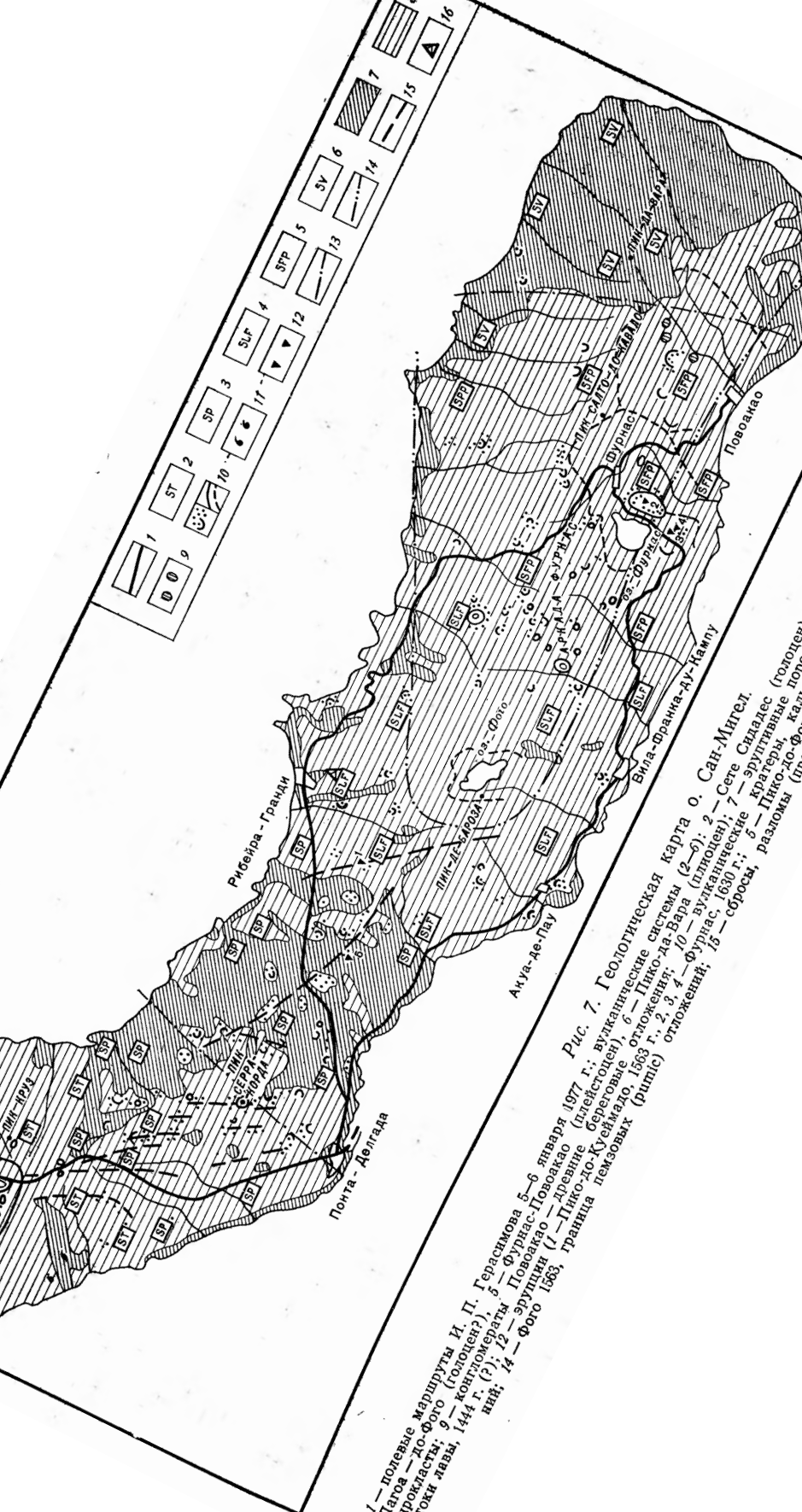
На рис. 6 воспроизведена старинная португальская карта Азорских островов. Весьма интересно сопоставить ее с современной картой в сходном м-бе (см. рис. 1). Конечно, существенные различия в очертаниях островов, которые мы видим, вероятно, объясняются не только геоморфологической «активностью» Азор, но также и неточностями старой карты. Впрочем, как раз на примере о. Фаял видно, что не только небольшой северо-западный мыс с вулканом Дос Капелинос, но и значительно бо́льшая площадь северо-западной части острова, сложенная (согласно геологической карте) вулканической системой Капело (голоцен-современность), состоящей из океанических андезитов, базальтов и пирокластов, на старинной португальской карте полностью отсутствует. Поэтому сравнительный анализ карт Азорских островов, составленных в различное время, может дать интересные геоморфологические результаты, важные для изучения геодинамических процессов.

Переходим к геоморфологии и геологии о. Сан-Мигел, который мы посетили. Как указывалось, этот остров входит в юго-восточную группу и, видимо, отдален от рифта Атлантического Срединно-океанического хребта примерно на 400 км. В то же время он как-будто «сидит» в зоне Восточно-Азорского трансформного разлома, имея своим юго-восточным «соседом» о. Санта-Мария, расположенный еще далее, в 120—150 км. Согласно концепции глобальной тектоники плит и взглядам, развиваемым рядом океанологов, это означает, что общий геологический возраст о. Сан-Мигел должен быть больше возраста островов центральной группы (в том числе о. Фаял) и меньше о. Санта-Мария. Соответствует ли это действительности?

По-видимому, на этот вопрос можно сразу же дать положительный ответ. Несмотря на приведенный выше рассказ одного из первых историков Азорских островов о бывшей вулканической активности на Сан-Мигеле, более поздние и точные свидетельства явно говорят об очень большом различии в этом отношении между Азорскими островами центральной и юго-восточной групп. Да и сам факт наибольшей заселенности о. освоенности Сан-Мигела по сравнению с другими Азорскими островами многозначителен. Хотя первые поселенцы на нем и были свидетелями стихийных природных (вулканических) явлений, но ничего подобного тому, что было описано В. Форзацем для о. Фаял, здесь уже в историческое время не наблюдалось.

Португальские геологи Г. Збизевски и А. де Медейрос (Zbyszewski and Madeiros, 1959) разделили о. Сан-Мигел на три морфологических района: А — вулканический комплекс Сете Сидадес, занимающий северо-западную часть острова с вершиной Круз (856 м абс. высоты); Б — район Пикоса с более выровненным вулканическим рельефом и наиболее высокой вершиной Серра-Корда (485 м абс. высоты); В — центральную и восточную часть острова, более гористую, которую следует подразделить на четыре зоны: а) Серра-де-Акуа-де-Пау (наибольшая вершина — 949 м); б) вулканическое плато Аркада Фурнас с большим количеством вторичных вулканических конусов; в) вулканическую систему Фурнас (наиболее высокая вершина Салто-да-Кавало — 805 м); г) вулканическую систему Повоакао и горные комплексы Тиронкейра и Пико-да-Вара (1105 м).

Такое морфологическое разделение о. Сан-Мигел вполне подтвердилось в ходе наших полевых экскурсий (рис. 7). Первая из них была на северо-запад от г. Понта-Делгада на группу кальдерных озер Азул, Верде и др., расположенных в вулканическом комплексе Сете Сидадес (район А). Дорога от Понта-Делгада шла почти все время вверх, по длинному склону вулканической системы до ее основной кальдеры. На большей части пути мы видели зеленые пастбища и только в самой верхней зоне с более расчлененным рельефом — отдельные лесные массивы из насаженной здесь японской криптомерии. На этом же верхнем отрез-

[illegible]

ке пути встречалось большое количество мелких кратерных озерков с хорошо сохранившимися (не размытыми) склонами небольших кальдер. Только на отдельных участках основного склона главной кальдеры (Сете Сиададес) было заметно развитие веерообразных систем узких свежих оврагов (рытвин). Весьма возможно, что их образование (локальное!) было вызвано в основном антропогенными причинами — сведением лесов и расчисткой склонов под пастбища.

Крутой спуск с основной кальдеры Сете Сиададес привел нас к обширному оз. Азул (высота уровня около 270 м), отделенного узкой перемычкой от оз. Верде. Глубина оз. Азул доходит до 30 м, вода в нем пресная и вокруг нет никаких выходов термальных вод, поэтому можно предположить, что озеро питается только вадозными водами. Такое предположение подтверждается характером вулканических пород, обнажающихся на внутренних склонах больших кальдер. Подавляющее число обнажений показывает рыхлые пирокластические породы, обычно слоистые и не очень часто содержащие линзы пузырчатой лавы, а еще реже — толщи базальтов. Слои пирокластов, местами показывающие смещения (оползневого типа; возможно, местами и локальные сбросы), очень водопроницаемы. Видимо, именно это и является главной причиной существования кальдерных (кратерных) озер, в которых собираются воды атмосферного происхождения, профильтровавшиеся через толщи пирокластического материала.

Таким образом, северо-западная экскурсия в район вулканической системы Сете Сиададес показала нам довольно хорошо сохранившийся вулканический рельеф, представленный крупной кальдерой и мелкими второстепенными кратерами, многие впадины которых заняты озерами. Вся поверхность хорошо освоена («консервирована») растительностью и отнюдь не имеет «свежих» следов недавних или современных эрупций.

Полевая экскурсия на восток, от г. Понта-Делгада до г. Вила-Франка-ду-Кампу, проходила вблизи южного берега острова. Дорога шла через плотно освоенный район (виноградники, цитрусовые, чайные и табачные плантации) над невысоким современным абразионным уступом высотой до 10—12 м. Как правило, в основании уступа были видны выходы пузырчатой лавы, выше — в береговом уступе, а тем более еще выше выходили только пирокластические отложения. В строении рельефа всей прибрежной полосы (выше клиффа) ясно проявлялось существование террасовидных уровней, хотя хорошо выраженных террас со своими уступами фиксировано не было. Тем не менее уровень в 30—40 м над ур. океана как бы намечал здесь некоторую базисную поверхность.

От г. Вила-Франка-ду-Кампу дорога стала подниматься на вулканическую систему Фурнас (район Вв) и, обогнув это обширное кальдерное озеро, привела нас на выходы термальных источников с отложениями свежих травертинов. Оз. Фурнас (высота уровня около 285 м над ур. океана) так же, как и оз. Азул, окружено плоской озерной равниной, но внутренние склоны кальдеры, на дне которой расположено озеро, значительно более расчленены. Это позволило проехать по довольно ровной дороге от озера до пос. Фурнас, который знаменит на острове разнообразными (по температуре воды и ее составу) термальными источниками. Показательно, что воды этих источников, сливаясь вместе, образуют небольшую речку, которая, рассекая южную часть древней кальдеры вулканической системы Фурнас, образует здесь что-то вроде ущелья, но, видимо, не доходя до океана, уходит фильтруясь, в рыхлые толщи пирокластов.

От пос. Фурнас мы проехали в пос. Повоакао, находящийся на берегу океана, как бы в центре размытой древней обширной кальдеры одноименной вулканической системы (район Вг). При спуске с гребня кальдеры, разделяющего вулканические системы Фурнас и Повоакао, перед нами открылся обширный амфитеатр, который, несмотря на зна-

чительное расчленение рельефа, плотно освоен; верхняя зона лесов (главным образом насаждения криптомерии) сменяется ниже зоной пастбищ, затем — распаханных участков под кукурузу, сахарную свеклу и др., а еще ниже — зоной, занятой цитрусовыми и чайными плантациями и виноградниками.

В строении рельефа этого большого амфитеатра отчетливо заметна ярусность (террасовидность). Вероятно, при более детальном изучении ее можно выявить более точно. Но даже при общем обзоре и при сопоставлении этой особенности рельефа с более западным районом острова ясно видно значительное повышение соответствующих уровней. Кажется, например, что упомянутый выше «надклифный» уровень в 30—40 м здесь поднят до 200—300 м над ур. океана.

В общем можно определенно сказать, что вулканический рельеф систем восточной части о. Сан-Мигел (системы Фурнас и Повоакао) существенно отличается от системы западной части (Сете Сидадес). Хотя и здесь вулканический рельеф имеет относительно «молодой» облик (т. е. сохранил свои основные черты), но он значительно более видоизменен денудацией (эродирован), а кроме того, сохраняя ярусный (террасовидный) характер на южных (океанических) склонах, явно обладает признаками молодого поднятия.

От пос. Фурнас мы возвращались в г. Понта-Делгада «северным» путем, т. е. спустились с гребня кальдеры вулканического комплекса Фурнас до северного побережья острова, проехали вдоль последнего до пос. Рибейра-Гранди, а затем пересекли тот средний морфологический район, который Г. Збизевски назвал районом Пикоса с более выровненным рельефом (район Б). Это определение оказалось совершенно точным. Наш путь проходил здесь по гораздо более пологому и мягкому рельефу, чем ранее. При этом в прибрежной части (северное побережье) вновь в высотном интервале в 30—40 м, а может быть, также и несколько выше появилась террасовидность в строении рельефа. Перевальная же часть пути (с северного склона на южный), была настолько выположенной, что только отдельные, изолированные и уже сильно денудированные вулканические конусы-холмы несколько разнообразили монотонный рельеф местности.

Конечно, изложенные выше геоморфологические наблюдения, сделанные нами по двум охарактеризованным маршрутам, настолько общи, что делать из них определенные выводы довольно трудно. Скорее можно лишь поставить такие вопросы. Тем не менее проведенные наблюдения позволили все же наметить общую геоморфологическую интерпретацию того морфологического разделения о. Сан-Мигел, которое было предложено Г. Збизевски.

Во-первых, ясно, что западная часть острова имеет более молодой вулканический рельеф (система Сете Сидадес), чем восточная (системы Фурнас, Повоакао). Молодость эта, конечно, относительная, выраженная в более слабой степени денудированности рельефа на западе, чем на востоке. Во-вторых, в средней и восточной частях о. Сан-Мигел на его северном и южном океанических склонах ясно заметна ярусность (террасовидность) рельефа, выраженная системами более крутосклонных уровней, чередующихся с более сположенными. Наиболее вероятной причиной такой ярусности является более высокое в прошлом положение базисов денудации, т. е. в конечном счете ур. океана. Весьма возможно при этом, что крутосклонные уровни рельефа представляют собой фрагменты древних абразионных образований, сохранившихся довольно плохо вследствие рыхлости пирокластов. В-третьих, по характеру рельефа средняя часть о. Сан-Мигел кажется несомненной зоной молодого опускания, тогда как восточная имеет многие признаки молодого поднятия. Такие признаки менее ясны в западной части острова. Поэтому весьма вероятно, что орографические возвышения этой части

острова (т. е. вулканической системы Сете Сидадес) вызваны не столько тектоническим поднятием, сколько вулканогенной «надстройкой», т. е. накоплением вулканического материала в результате молодых эрупций. То, что такие эрупции на западе острова моложе аналогичных явлений на востоке, с геоморфологической точки зрения несомненно.

Следует подчеркнуть дополнительно еще одно существенное обстоятельство. В рельефе о. Сан-Мигел мы не встретили морфоструктурных эскарпов, т. е. крупных уступов, обусловленных молодыми разломами. Может быть, такие уступы здесь недолговременны; благодаря рыхлости и большой мощности пирокластов они легко «стираются», т. е. денудируются. Однако это предположение все же маловероятно, поскольку вулканогенные формы рельефа здесь оказываются достаточно долговременными. Но тогда новейшие крупные тектонические (морфоструктурные) деформации на о. Сан-Мигел скорее должны были иметь характер сводовых изогнутостей или флексур. Это — один из вопросов, подлежащих дальнейшему выяснению.

Сопоставим изложенные выше геоморфологические наблюдения и выводы с теми геологическими данными, которые можно сделать из литературы (Walker and Croasdale, 1970) и материалов, переданных нам д-ром В. Форзацем. Из них прежде всего интересны данные по хронологии эрупции на о. Сан-Мигел. 1652 г. — эрупция Фого и Жоао Рамос с выбросами пирокластов и потоков лавы муджиритового типа; 1630 г. — эрупция Фурнас (вершины Каспар и Диого Прето) с выбросами трахитовой пемзы (pumic), а также, возможно, игнимбритов и грязевыми потоками; 1563 г. — эрупция Куймадо с выбросами базальтовых пирокластов; 1563 г. — эрупция Лагоа до Фого с выбросами трахитовых пемз (pumic) и грязевыми потоками; 1444 г. — эрупция Сете Сидадес с выбросами базальтовых пирокластов и потоков. Кроме того, вблизи о. Сан-Мигел отмечались подводные эрупции в 1638 и 1811 гг.

Как видно из приведенных сведений, характер эрупций на о. Сан-Мигел значительно отличался от эрупций на о. Фаял. Они были (в историческое время) здесь более редкими и ограничивались главным образом выбросами пирокластов. Все это вполне соответствует нашим геоморфологическим наблюдениям, а также тому, что указано на геологической карте острова (см. рис. 7). На ней видно, что эруптивные образования имеют лишь «точечное» изображение. Исключением являются потоки лавы 1444 г. (на юго-западе острова), но они считаются гипотетичными.

Обратимся к общему рассмотрению геологической карты острова (рис. 7). На ней прежде всего бросается в глаза резкое преобладание пирокластических отложений над плотными эффузивами (трахитами, океаническими андезитами, базальтами). Видно, что по меньшей мере две трети поверхности острова покрыты именно пирокластами, видимая мощность которых, по нашим полевым впечатлениям, весьма значительна (в обрывах — десятки метров). Несомненно, что эта геологическая особенность о. Сан-Мигел, существенно отличная от геологического сложения других островов (Фаяла и особенно Грасьоза, Пико, Сан-Жоржи и др.), говорит об определенной и, вероятно, более поздней фазе вулканизма.

Как показывает геологическая карта, на острове выделено пять вулканических систем: 1. Вулканическая система Сете Сидадес (ST). Характерны крупные интрузивные потоки и пирокласты «океанического андезитового» типа, пемза (pumic), игнимбритовые и трахитовые базальтовые потоки. Вулканическая активность проявлялась в историческое время (но только во вторичных кратерах). Возраст системы — голоцен. 2. Вулканическая система Пикос (SP), расположенная главным образом на востоке центральной части острова. Имеются крупные лавовые потоки, много базальтовых пирокластических вершин (вулканических конусов). Возраст вулканических образований, вероятно, око-

до 300 тыс. лет. 3. Вулканическая система оз. Фого (SLF) соответствует горам Фого (Серра-де-Акуа-де-Пау). Преобладают рыхлые пирокласты и трахитовые «грязевые потоки», трахитовые интрузии и экструзии, имеются «океанические» базальты. Наиболее крупный эксплозивный вулкан — оз. Фого в течение последних 5000 лет имел четыре большие трахито-пирокластовые эрупции (Walker and Croasdale, 1970). 4. Вулканическая система Фурнас—Повоакао (SFP). Развита трахитовые, «океанически-андезитовые» и базальтовые пирокласты с интрузиями и экструзиями базальтов, игнимбриты. Характерны крупные геотермальные проявления (горячие и кипящие источники, фумаролы и др.). Повоакао — потухший вулкан. Возраст системы — плейстоцен. 5. Вулканическая система Пико—да—Вара (SV). Занимает северо-восточную часть острова. Возраст наиболее древних базальтов (хотя они выходят около г. Повоакао, но принадлежат описываемой системе) — 4 млн. лет. Эта система на о. Сан-Мигел, видимо, является древнейшей по возрасту. Другие геохронологические определения ее таковы (Abdel-Moneim et al.): базальтовый поток из северо-восточной части острова — 2,15 млн. лет; дитто — 1,92 млн. лет; океаническая андезитовая дайка — 1,25 млн. лет; трахито-латтитный шток — 1,3 млн. лет.

Как следует из всех этих геологических характеристик, они находятся в полном соответствии с геоморфологическими. Но на геологической карте о. Сан-Мигел показана также целая система разломов, правда, характеризуемых как «предполагаемые». Легко заметить, что разломы проведены главным образом по линии расположения свежих вулканических кратеров и вершин (конусов). Очевидно, предполагается, что наиболее молодые экструзии должны непременно быть связанными со «свежими» разломами. Однако никакого морфоструктурного выражения такие «разломы» на о. Сан-Мигел не имеют, что было отмечено нами во время экскурсий, маршруты которых во многих местах пересекали разломы (рис. 7). Поэтому, вероятно, вопрос о молодых разломах на Сан-Мигеле еще надо уточнять³.

С другой стороны, на той же геологической карте о. Сан-Мигел имеется очень важное указание на наличие на острове высокоподнятых древних береговых форм (пляжей) и четвертичных галечников (конгломераты Повоакао). Этих указаний немного, вероятно, в силу слабой геоморфологической изученности. Однако все приведенные данные приурочены как раз к описанному выше амфитеатру Повоакао и располагаются в интервале высот 200—300 м над ур. океана, т. е. на уровнях явно приподнятых ярусов рельефа.

Особым знаком на карте показана глубокая буровая скважина, описанная канадскими и американскими специалистами с участием португальских (Muescke et al., 1974). Скважина расположена на севере средней части острова (рис. 7), на высоте 72 м над ур. океана. Ее профиль приведен на рис. 8. Из него видно, что скважиной пройдены очень неоднородные толщи вулканических образований, из которых экструзивные лавы (чередующиеся с пирокластами) составляют 72% всех вскрытых отложений и состоят из 140 отдельных лавовых участков со средней мощностью 2,5 м. Среди них преобладают щелочные базальты, гавайиты и муджириты; было встречено только три трахитовых слоя (6% мощности всех лав). До глубины 763 м пройденная толща была признана субаэральной (наземной) ввиду полного отсутствия «подушечной» структуры (характерной для морских лав), постоянного чередования с пирокластами, развития некоторых латеритных горизонтов (кор выветривания) и наличия крупнопузырчатой и брекчиевидных структур лав. На глубине 880 м были встречены «подушечные» базальты, а также ли-

³ На картах (топографических и геологических) других Азорских островов (например, Файя) многие показанные разломы имеют ясное морфоструктурное выражение. Это, видимо, также свидетельствует об их молодости.

тоидные песчаники. На этом основании толща до глубины 786 м была признана субаэральной (разделенной на три серии), до глубины 880 м — переходной, а с 880 м — морской (рис. 8).

Палеомагнитные определения образцов лав из этой буровой скважины дали для всех выделенных толщ положительную (нормальную) характеристику. На этом основании все отложения были отнесены к эпохе Брунес, хотя такое определение вследствие возможности размагничивания отложений при гидротермальных воздействиях все же пока условно.

Были также получены определения абсолютного возраста по изотопам (калиево-аргоновый метод). Первая, верхняя, дата относится к образцу свежей трахитовой лавы с глубины 57 м. Она оказалась равной 117 ± 24 тыс. лет. Второй образец из относительно свежей морской лавы с глубины 950 м показал 280 ± 140 тыс. лет. Поскольку данные палеомагнитных (эпоха Брунес) и изотопных определений в общем совпали, авторы делают вывод, что в данном районе острова главный вулканизм закончился около 100 тыс. лет назад, т. е. в позднем плейстоцене, на границе его со средним.

Другое важное заключение из приведенных данных было сделано относительно опускания (погружения) о. Сан-Мигел, скорость которого была определена в среднем в $0,1 \text{ см/год}$. Однако

авторы сочли столь быстрое и глубокое опускание явлением локальным, характерным, быть может, только для района Акуа-де-Пау. Такое предположение подтверждается геоморфологическими данными, согласно которым вся средняя часть о. Сан-Мигел обладает ясными чертами опускания во всяком случае относительно более восточной.

Ввиду того что посещение нами о. Сан-Мигел было кратковременным, геоморфологические наблюдения оказались слишком беглыми. Тем не менее они позволили хотя бы в общих чертах, но впервые выяснить геоморфологические особенности этого острова Азорского архипелага, сделать некоторые выводы по истории его геологического развития, а главное, поставить ряд важных вопросов, требующих дальнейшего выяснения. Как видно из предыдущего изложения, эти вопросы имеют как локальный, так и региональный характер. Конкретным примером первых из них может служить выяснение неотектонического «поведения» как острова в целом, так и его главных частей (опускание и поднятие, направленные или циклические тренды и т. д.); установление фаз и возрастов доисторических вулканических эрупций (по относительной «сохранности» первичных форм рельефа); роли абразии и колебаний уровня Мирового океана (по ярусности рельефа и его форм) и многое другое. Но, может быть, еще более важны геоморфологические данные для региональных выводов, особенно для Азорских островов, расположен-



Рис. 8. Профиль канадской буровой скважины (генерализован) (по G. K. Muescke, S. A. Ade-Hall et al., 1974)

1 — базальтовая лава; 2 — трахитовая лава; 3 — базальтовая брекчия; 4 — пеплы, игнимбриты; 5 — агломераты, грязевые потоки; 6 — литифицированные песчаники; 7 — латериты

ных в зоне рифта и трансформных разломов. Здесь важнейшее значение имеет сравнительный анализ морфоструктуры и вулканической морфоскульптуры различных групп этих островов, а в пределах каждой группы — разных островов друг с другом, тесно скомплексированный с геофизическими и геологическими данными. По всей вероятности, центральная группа Азорских островов (Терсейра, Грасьоза, Сан-Жоржи, Пику и Фаял), расположенная, возможно, на самом рифте, обладает самым «молодым» рельефом и высокой современной вулканической активностью; юго-восточная же (Сан-Мигел и Санта-Мария), находящаяся на «европейской» стороне Срединно-Атлантического хребта, имеет более «зрелый» рельеф и постепенно угасающую (на протяжении плейстоцена на Сан-Мигеле и плиоцена на Санта-Марии) вулканическую активность⁴. Но даже такой общей характеристики нельзя еще дать самым западным островам (Флориш и Корву), которые находятся на «американской» стороне от Атлантического рифта. А между тем это кажется так просто — провести сравнительное геоморфолого-геолого-геофизическое изучение столь «близких» к Европе и Америке и таких хорошо доступных океанических островов, как Азорские. Вероятно, только определенная недооценка таких «островных» работ является причиной того, что в этой статье я смог больше «поставить» и гораздо меньше «отвечать» на многие важные и интересные научные вопросы, которые обсуждаются в океанологической литературе как раз для района Азор (например, соединение Восточно-Азорской разломной зоны с зоной Пико и др.).

ЛИТЕРАТУРА

- Атлантический океан. Карта м-ба 1:10 млн., ГУГК, 1971.
 Емельянов Е. М., Лисицын А. П., Ильин А. В. Типы донных осадков Атлантического Океана. Океанологические исследования. Калининград, 1975.
 Krause D. C. East and West Azores fracture zones in the North Atlantic. «Submarine Geol. and Geophys», Colston Papers, N 17, 1965.
 Krause D. C., Watkins N. D. «Geophys. J. R. Astr. Soc.», 19, 1970.
 Laughton A. S. et al. A continuous East-West Fault on the Azores-Gibraltar Ridge. «Nature», 237, N 5352, 1972.
 Machado F., Forjaz V. Actividade vulcânica da ilha do Faial (1959—67). Porto, 1968.
 Muecke G. K., Ade-Hall J. M. et al. Deep drilling in an active geothermal area in the Azores. «Nature», vol. 252, N 5481, 1974.
 Uchupi E. et al. The continental margin off Western Africa: Senegal to Portugal. Woods Hole Oceanographic Institution. Technical Report. Sept. 1975.
 Walker G. P. L., Croasdale R. «J. Geol. Soc. Lond.», 127, 1970.
 Zbyszewski G., Medeiros A. C. Geological map of Sao Miguel. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 1959.

Институт географии
 АН СССР

Поступила в редакцию
 10.V.1977

PROBLEMS ARISEN FROM THE AZORES GEOMORPHOLOGY

GERASIMOV I. P.

Summary

The author describes geology and main geomorphic features of the largest Azores island — San-Miguel, which he visited in January 1977 during the 24th cruise of the research ship «Akademik Kurchatov». Detailed investigations of oceanic volcanic islands like Azores are of importance considering the new theory of the global plate tectonics. A number of problems of local and regional importance have been put forward as a result of the analysis of geological data from geomorphological point of view, the necessity of their consideration having been stressed.

⁴ Это предположение косвенно подтверждается изотопным определением абс. возраста некоторых вулканогенных пород, слагающих острова Сан-Мигел, Санта-Мария и банку Формиташ, т. е. юго-восточную группу Азор. Возраст их изменяется от $0,95 \pm 0,07$ до $8,12 \pm 0,85$ млн. лет. Эти породы разделяются ракушечниками; нижние базальты имеют возраст 6—8 млн. лет; верхние — 4 млн. лет и менее.