Записки Ленинградского Горного Института, том XII, вып. 2, 1939
Annales de l'Institut des Mines à Léningrad, vol. XII, liv. 2, 1939

55
3-32

P 1925 g5

Лавы и связанные с ними горные породы Соммы и Везувия и диаграмма, выражающая особенности их химического состава

Проф. *А. Н. Заварицкий*

Lavas and their Congeners—the Rocks of Monte Somma and Vesuvius, and diagram showing the pecularities of their chemical composition

Prof. *A. N. Zavaritsky*

Введение

В предыдущих статьях (1) мной был предложен способ изображения химических составов горных пород при помощи векторов. Применение этого способа позволяет легко сравнивать химические составы отдельных горных пород и их серий; достаточно было изобразить таким способом типичные составы изверженных горных пород, чтобы уже получилось очень наглядное выражение основной закономерности в химическом составе этих пород, заключающейся в коррелятивности изменений общего облика породы и ее салических и фемических составных частей. Сравнение серий пород при помощи предложенного способа изображения их составов векторами тоже гораздо проще и нагляднее, чем каким бы то ни было другим способом с применением разного рода вариационных диаграмм.

В настоящей статье приводится пример приложения данного способа к изучению явлений дифференциации магмы и магматической эволюции. В качестве такого примера я взял единственный в своем роде наиболее хорошо изученный случай, именно знаменитый в истории человечества вулкан Везувий (рис. 1). В глубинных магматических телах — плутонах — процессы происходят в условиях, существенно отличных от тех, в которых мы непосредственно наблюдаем магму, достигшую земной поверхности в виде лавы По сравнению с другими вулканами, Везувий, благодаря его изученности, представляет то преимущество, что здесь мы имеем даже некоторые данные о ходе процесса с течением времени. Уже в течение двух тысячелетий вулкан находится, так сказать, под наблюдением человека, а более отрывочные данные относятся к еще более раннему времени.

Для выяснения истории вулкана был применен геологический метод еще Джонстон-Левисом (2) более пятидесяти лет тому назад; этим занимались Де-Лоренцо (3), Цамбонини (4, 5) и наконец Риттманн (6) дал недавно превосходную сводку всех

сведений о магматической эволюции и дифференциации магмы Везувия и Соммы в связи с геологической историей вулкана. Его данные мы и возьмем как исходный материал.

Знакомство с единственным в своем роде вулканом Везувием представляет, конечно, исключительный интерес для всякого геолога. Поэтому, имея в виду отсутствие на русском языке детальных описаний вулкана, я привожу довольно подробное извлечение из работы Риттманна (6). Это мне казалось тем более уместным, что настоящая статья имеет целью не исследование нового материала, а изложение спо-

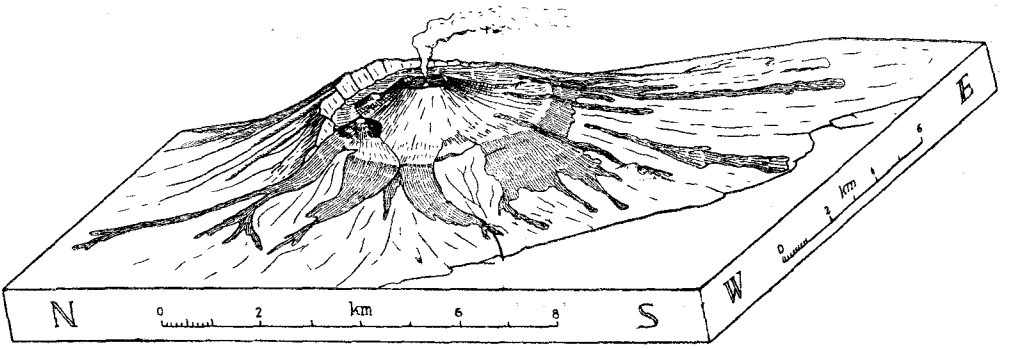


Рис. 1. Везувий (по Риттманну).

соба применения нового метода. Главным образом она предлагается вниманию молодых геологов и петрографов, для которых новый способ исследования химизма может быть полезным в их дальнейшей работе.

Петрография Соммы и Везувия

В строении сложного вулкана Соммы и Везувия принимают участие лавы и пирокластические продукты, но кроме них в виде включений в лавах и в виде выброшенных из вулкана при извержениях кусков встречаются, во-первых, зернисто-кристаллические породы, являющиеся продуктами застывания магмы на глубине, и, во-вторых, чуждые вулкану породы, оторванные от массы горных пород, слагающих его основание, и подвергшиеся в большей или меньшей степени метаморфизму.

Вулканические породы. Лавы Везувия хорошо известны каждому геологу, хотя бы по коллекциям, имеющимся в любой высшей школе. Из любого элементарного курса петрографии известно, что они относятся к щелочным базальтоидным породам, характеризующимся одновременным присутствием в их составе лейцита и основного плагиоклаза, т. е. к группе лейцитовых тефритов. Для Везувия особенно характерен тип этих лав, относительно обогащенный лейцитом, — он получил название везувита. Собственно лейцитовые тефриты более характерны для Соммы. Если количество лейцита убывает дальше, мы переходим к оттаянитам, найденным сначала Лякруа (7) в выбросах и лапилли Везувия около Оттаяно, а потом встреченным в виде лавового потока шахтой, проведенной в развалинах Помпеи.

Если в указанных выше породах появляется существенная примесь санидина, то вместо лейцитового тефрита мы получим викоит, названный так Иддингсом по имени вулкана Вико и найденный потом на Везувии Вашингтоном (8). Вместо оттаянитов при появлении в них санидина мы будем иметь орвиетит (Ниггли); он может быть определен, как более бедный лейцитом викоит. Лавы, приближающиеся к этому типу, встречены на северном и северо-западном склонах Соммы.

Все лавы Везувия и Соммы—темные порфировые породы с вкрапленниками лейцита и авгита вместе или порознь. Лейцит встречается в порфировых выделениях в более богатых им типах (везувитах, некоторых викоитах). Пемзы всегда более светлого цвета, чем соответствующие лавы.

В более древних вулканических продуктах, находящихся в основании Соммы и отвечающих первому пробуждению деятельности вулкана, имеются и менее основные трахитовые породы и отвечающие им совсем светлые туфы и пемзы.

В табл. 1 дан количественный минералогический состав (по Риттманну) вулканических пород Соммы и Везувия. Он наглядно сопоставлен по диаграмме рис. 2*а*.

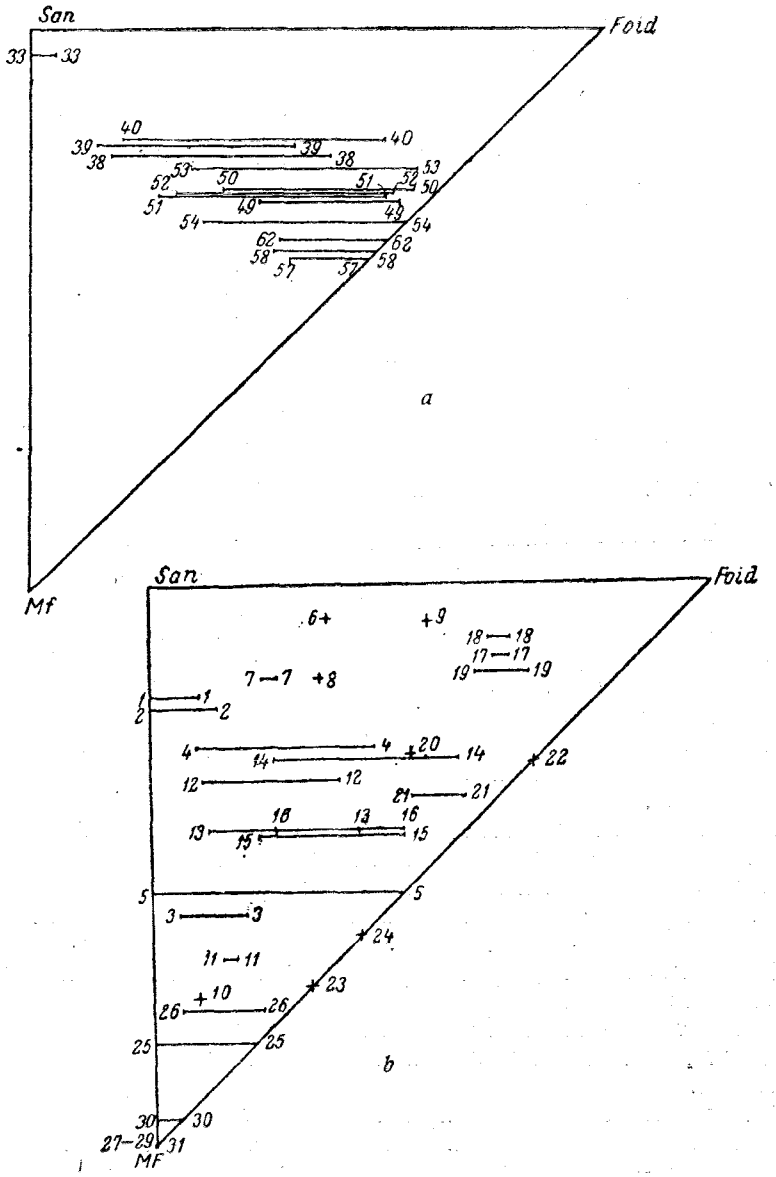


Рис. 2. Минералогический состав пород Соммы и Везувия.
а—Вулканические породы Соммы-Везувия. *b*—Плутонические породы.

Эта диаграмма (рис. 2) построена таким образом. Все минеральные составные части разделены на четыре группы: цветные минералы *(Fem)*; фельдшпатоиды, т. е. главным образом лейцит *(lc)*; основной плагиоклаз *(pl)*; санидин (*san*). Отношения этих четырех групп могут быть представлены в виде точки в тетраэдре по правилу барицентрических координат. Следуя тому пути, который я применял для изображения в виде точек числовой характеристики химического состава пород (*a* : *c* : *b* : *s*), я и в данном случае беру прямоугольный тетраэдр. Вершину, где схо-

Таблица 1

Вулканические породы. Состав в процентах

№	Порода		Санидин	Плагиоклаз	Лейцит	Нефелин и содалит	Авгит	Роговая обманка	Биотит	Оливин	Рудные минер.	Апатит
38	Богатый полевым шпатом виконт	орвиетит	25	38	14	—	16	—	1	2	3	1
39	Богатый полевым шпатом виконт	орвиетит	33	35	9	2	14	—	3	1	2	1
40	Биотитовый лейцитовый базальт	орвиетит	18	46	16	—	5	—	9	2	3	1
49	Лейцитовый тефрит собств.		4	25	36	4	24	3	—	1	$2^1/_2$	$^1/_2$
50	Лейцитовый тефрит	оттаяниты	4	34	27	6	$19^1/_2$	1	$^1/_2$	5	3	сл.
51	Лейцитовый базальт	оттаяниты	8	40	22	—	20	—	$^1/_2$	6	3	$^1/_2$
52	Лейцитовый базальт	оттаяниты	6	39	25	—	20	—	$^1/_2$	7	2	$^1/_2$
53	Лейцитовый базальт	оттаяниты	7	40	28	—	15	—	$1^1/_2$	4	4	$^1/_2$
54	Оттаянит		—	35	27	3	27	—	—	5	$2^1/_2$	$^1/_2$
57	Везувит (по нов. опр.)		—	14	41	4	35	—	—	3	1	2
58	Везувит (по нов. опр.)		—	18	40	2	34	—	—	3	2	1
62	Везувит (полнокристалл. участок)		1	18	41	2	33	—	$^1/_2$	2	2	$^1/_2$

дятся прямые углы, беру за начало координат, а ребра, из нее исходящие, направляю вправо, вниз и к себе. В начале координат помещается вес, пропорциональный количеству *san*, внизу — *Fem*, в правой вершине *lc* (+ *ne*) и в вершине перед плоскостью чертежа *pl*. Координаты точек, направленные перпендикулярно плоскости чертежа, изображаю в виде параллельных векторов *(pl)*, откладывая их вправо от проекций точек, определяемых координатами *san*, *lc*, *Fem*. При таком построении количество цветных минералов изобразится расстоянием вектора *(pl)* от горизонтального (верхнего) катета основного треугольника проекций, количество плагиоклаза длиной вектора *(pl)*; количество лейцита и др. фельдшпатоидов—расстоянием левого конца вектора *pl* от вертикального катета треугольника проекций. Количество санидина — горизонтальным расстоянием правого конца вектора *pl* от гипотенузы треугольника проекций.

Глубинные зернистые породы из выбросов Соммы и Везувия. Эти породы более разнообразны, чем породы вулканические. Они в особенности изучались Лякруа (7). Мы ограничимся их перечнем и таблицей минералогического состава, которую также представим в виде диаграммы, как и для вулканических пород. Лякруа, среди зернистых пород Соммы и Везувия, различал такие типы:

1. Лейцитовые сиениты, крупнозернистые, богатые санидином с порфировидными кристаллами лейцита.
2. Монцониты, с роговой обманкой как цветным минералом.
3. Лейцитовые монцониты или соммаиты, отличающиеся от монцонитов содержанием лейцита.
4. Кенталлениты с небольшой примесью лейцита.
5. Миссуриты, очень близкие к прототипу из Хайвуд-Маунтин.
6. Пульяниты — крупнозернистые породы из идиоморфного авгита и в меньшем количестве анортита, лейцита, санидина и биотита.
7. Лейцитовый шонкинит — мезократовая порода, подобная предыдущей, с ортоклазом вместо санидина.
8. Себастьянит — порода без лейцита; состоит из анортита с небольшим количеством авгита и апатита, заключенных в таблицах биотита.
9. Пироксенолиты или пироксениты, содержащие иногда биотит и изредка примесь лейцита.

Количественный минералогический состав изученных представителей этих пород дан на таблице, подобной той, какую мы имели для пород вулканических, и также представлен на соответствующей диаграмме рис. 2*b*.

Таблица 2

Состав плутонитов Соммы Везувия

№	Порода	Санидин	Плагиоклаз	Лейцит	Нефелин и содалит	Мицонит	Авгит	Рогов. обманка	Биотит	Оливин	Меланит	Руды	Апатит	Разные минер.
1	Роговообманковый сиенит-порфир	71	9	—	—	—	—	13	—	—	3	2	1	—
2*	Авгитовый сиенит-порфир	67	12	—	—	—	16	1	—	—	2	2	1	—
3*	Авгит меласиенит с лейцитом	23	12	5	—	—	51	—	—	7	—	1 1/2	1/2	—
4	Монцонит со скаполитом	31	32	—	—	8	7	5	14	—	—	2	1	—
5*	Биотитовое габбро	—	45	—	—	—	22	—	28	—	—	3	2	—
6*	Содалитовый фоянит с меланитом	63	—	—	31	—	—	1	—	—	4	1	—	—
7*	Содалит. фоянит с везувианом	60	3	—	20	—	6	—	—	—	5	1	1/2	Везувит 4, титанит 1/2
8*	Псевдолейцитов. фоянит порфир	57	—	—	27	3	—	7	—	—	9	1	—	—
9*	Лейцит. фоянит, богатый лейцитом	44	—	37	12	—	—	3	—	—	3 1/2	1/2	—	—
10*	Пироксенит. лейцит порфир	18	сл.	8	—	—	53	17	3	сл.	—	1	сл.	—
11	Лейкократ. пироксенит. лейцит порфир	19	1	13	—	—	40	23	1	2	—	1	сл.	—
12	Соммаит (тонкозернист.)	31	25	9	—	—	28	—	2	2	—	2	1	—
13*	Соммаит	19	27	10	—	—	33	—	—	7	—	2	2	—
14*	Соммаит	15	32	21	1	—	23	—	2	8 1/2	—	2	1/2	—
15*	Миссуритовый соммаит	10	26	19	—	—	35	—	3	3	—	2	2	—
16	Соммаит, богатый лейцитом	12	22	21	1	—	32	1	3	5	—	3	сл.	—
17	Фоянит-италитовый порфир	23	3	56	5	—	—	7	—	—	4	2	сл.	—
18*	Фоянит-италит с давином	26	4	46	3	11	3	5	—	—	—	1	сл.	Титанит 1
19	Давиновый фоянит	17	10	40	2	15	6	5	—	—	4	1	сл.	—
20	Фоянит-аркит	23	—	38	8	—	—	22	—	—	8	1	—	—
21	Плагифоянит-аркит	6	10	46	—	—	28	—	6	1	—	1	2	—
22	Мелилитов. фоянит с давином	—	—	60	—	9	18	—	—	—	—	1/2	1/2	Мелалит
23	Миссурит	—	—	28	—	—	41	—	29	—	—	—	2	
24*	Миссурит	—	—	37	—	—	54	—	5	—	—	2	2	
25*	Габбро-пироксенит	—	18	—	—	—	81	—	—	—	—	1	сл.	
26*	Соммаит-пироксенит	4	15	5	—	—	66	2	8	—	—	—	—	
27*	Пироксенит	—	—	—	—	—	98	—	—	—	—	—	2	
28*	Перидотит-пироксенит с биотитом	—	—	—	—	—	78	—	4	18	—	—	—	
29	Пироксенит с биотитом	—	—	—	—	—	80	—	19 1/2	—	—	—	1/2	
30	Пироксенит с биотитом и лейцитом	—	—	4	—	—	75	—	20	—	—	—	1	
31	Биотит-пироксенит	—	—	—	—	—	60	—	37	—	—	—	сл.	Стекло 3

Химический состав пород Соммы и Везувия

Риттманном (6) собрано более 70 анализов горных пород Соммы и Везувия, главным образом по работам Лякруа (7) и Наричи (9), и вычислены параметры по системе Ниггли. Я воспользуюсь теми же анализами для вычисления числовых характеристик, нужных нам для построения диаграмм. Этими характеристиками будут отношения чисел атомов:

$$a : c : b : s = (Na + K) : Ca^{I} : (Ca^{II} + Mg + Fe) : (Si + Ti)$$

$$f' : m' : c' = Fe : Mg : Ca^{II}$$

$$n = Na : (Na + K)$$

Здесь Ca^{I} атомы кальция, входящего в «полевошпатовую» известь и Ca^{II} атомы кальция «свободной» извести.

В табл. 3 даны эти числовые характеристики.[1] Названия пород даны по Риттманну (не по авторам).

В выбросах Соммы и Везувия кроме вулканических и глубинных пород находятся также метаморфические или метаморфизованные породы, среди которых различают:

А. Экзоморфные породы

1. Метаморфизованные осадочные породы без заметного привноса вещества:

a) перекристаллизованные мраморизованные известняки и доломиты, обожженные песчаники;

b) осадочные породы, измененные с потерей части составных частей: прокаленные (обожженные) известняки (CaO) и доломиты, иногда с периклазом и бруситом. Измененный мергелистый песчаник, превращенный в подобную пемзе породу.

2. Метаморфизованные осадочные породы с привносом веществ:

a) карбонатово-силикатовые породы с форстеритом, диопсидом, волластонитом, анортитом, шпинелью. Далее с следами минерализаторов в флогопите, гумите и клиногумите, куспидине, ляпис-лазури или гаюине и т. д.;

b) силикатовые породы. Развитие в них таких пирогенных минералов, как эгирин, санидин; появление лейцита не позволяет их резко отличать от эндоморфных пород.

В. Эндоморфные породы

1. Эндоморфные вулканические породы с развитием силикатов кальция и магния, появлением граната и т. д.

2. Известково-железисто-магнезиальные плутонические породы, иногда с трудом отличимые от пород A 2 b (например, породы с гранатом, волластонитом и лейцитом и др.).

3. Эндоморфные богатые щелочами плутонические породы. В этих щелочных породах также появляются такие минералы, как везувиан, гранат, волластонит, и др. Как примеры этих пород Риттманн приводит № 7, содержащий везувиан-содалитовый микрофоянит, далее лейцитовые фояиты с волластонитом и № 22 — весбит Вашингтона, содержащий давин.

С. Автопневматоморфные породы

1. Автопневматоморфные вулканические породы.

К числу явлений этого рода причисляют образование псевдолейцита. Признаки этих явлений составляют также появление давина в микросоммите, желтого эгирин-авгита и гематита. Примеры таких пород № 70, 71 и 72.

2. Автопневматоморфные плутонические породы. Их примеры № 4—скаполит—содержащий монцонит, № 7 псевдолейцитовый фоянт, № 18 и 19—породы с давином, № 22—мелилитовый италит или весбит Вашингтона.

3. Автопневматолитические продукты переплавления по Риттманну представлены стекловатыми жилками, пересекающими глыбы лав, и резко отличающиеся от них по составу, как, например, № 73 и 74.

[1] Вычисления были выполнены Э. А. Струве.

Таблица 3

№	Порода		*a*	*c*	*b*	*s*	f^1	m^1	c^1	*n*
1	Роговообманковый сиенит-порфир		22,0	1,2	13,2	63,6	37,6	24,8	37,6	31,6
2	Авгитовый сиенит-порфир		19,1	3,2	11,7	66,0	50,6	28,6	20,8	50,4
3	Авгитовый меласиенит с лейцитом		7,4	0,4	38,5	53,7	16,4	45,3	38,3	52,6
4	Монцонит со скаполитом		12,9	9,3	19,5	58,3	38,8	38,0	23,2	43,7
5	Биотитовое габбро		5,6	6,7	37,1	50,6	16,8	42,8	20,4	35,7
6	Содалитовый фоянт с меланитом		31,6	0,1	4,3	64,0	47,5	5,0	47,5	67,4
7	Содалитовый фоянт с везувианом		23,6	1,8	12,6	62,0	26,9	34,6	38,5	50,0
8	Псевдолейцитовый фоянит-порфир		25,0	1,9	11,4	61,7	35,1	13,9	51,0	51,9
9	Лейцитовый фоянит-порфир, богатый фельдшпатидами		28,7	1,5	5,3	64,5	44,0	12,0	44,0	41,6
10	Пироксенит—лейцитовый фоянит		7,9	1,8	42,1	48,2	15,5	42,2	42,3	48,4
11	Пироксенит-лейцит. фоянит, богатый лейцитом		12,6	3,0	33,0	51,4	18,6	40,7	40,7	37,4
12	Соммаит (тонкозернистый)		12,9	7,2	17,6	62,3	40,1	42,9	17,0	42,9
13	Соммаит		12,3	7,0	20,3	60,4	32,7	47,2	20,1	37,9
14	Соммаит		12,9	6,4	21,2	59,5	33,0	45,9	21,1	29,3
15	Миссуритовый соммаит		12,6	4,6	24.4	58,4	24,0	38,8	37,2	29,3
16	Соммаит, богатый лейцитом		13,6	4,7	26,4	55,3	21,5	40,3	38,2	41,0
17	Фоянит-италит-порфир		28,5	1,9	7,2	62,4	37,0	22,0	41,0	33,8
18	Фоянит-италит с давином		27,3	1,4	9,7	61,6	38,7	19,7	41,6	35,9
19	Давиновый фоянит-италит		25,5	1,5	15,1	57,9	44,3	12,7	43,0	36,5
20	Фоянит-аркит		27,3	1,4	9,7	61,6	38,7	19,7	41,6	36,0
21	Плагифоянит		16,0	2,0	28,3	53,7	17,4	37,5	45,1	14,9
22	Мелилитовый италит с давином		19,7	1,7	27,9	50.6	7,2	25,4	67,4	18,2
23	Миссурит		13,3	3,3	31,2	52,2	17,7	44,9	34,4	14,1
24	Миссурит		12,5	1,4	34,2	51,9	23,4	36,1	40,5	30,9
25	Габбро-пироксенит		12,5	3,1	31,9	52,5	23,6	36,6	39,8	27,7
26	Соммаит-пироксенит		9 4	1,4	40,7	48,5	18,1	56,5	25,4	28,0
27	Пироксенит		2,6	2,6	46,2	48,6	8,2	45,7	46,1	81,8
28	Перидотит-пироксенит с биотитом		3,1	0	53,3	43,6	6,4	50,6	30,6	12,4
29	Пироксенит с биотитом		4,9	3,8	43,1	48,2	12,2	52,4	35,4	25,0
30	Пироксенит с биотитом и лейцитом		5,9	7,1	35,8	51,2	22,1	29.4	48,5	32,5
31	Биотитовый пироксенит		9,4	1,2	42,2	47,2	15,4	56,3	28,3	29,9
32	Уачитит		8,1	3,1	38,2	50,6	15,5	51,0	33,5	53,2
33	Трахитоид (пемза)		10,8	1,9	9,5	67,8	37,0	26,7	36,3	47,7
34	Содалитовый фонолит		24,1	1,5	7,1	67,3	39,5	36,5	24,0	47,7
35	Нефелин содалитовый фонолит		29,5	0,9	4,3	65,3	44,3	13,0	37,7	64,0
36	Нефелин содалитовый фонолит		21,6	1,9	6,4	70,1	38	27	36	30
37	Трахитоидный фонолит (пемза)		26,9	1,0	5,7	66,4	43,0	16,5	40,5	62,4
38	Викоит, богатый пол. шп.	Орвиетиты	16,0	6,9	14,0	63,1	36,4	44,1	19,5	41,1
39	Викоит, богатый пол. шп.	Орвиетиты	16,0	7,4	14,5	62,1	42,3	38,3	19,4	45,5
40	Биотитовый лейцитовый базальт	Орвиетиты	14,1	5,7	18,2	62,0	39,7	31,9	28,4	41,0
41	Викоит-фонолитоид		28,2	0,9	6,7	64,2	40,0	13,7	46,3	51,5
42	Викоит-фонолитоид		26,2	3,1	5,7	65,0	50,0	19,2	30,8	49,4
43	Викоитоид		21,7	3,7	12,2	62,4	34,8	32,6	32,6	41,7
44	Викоитоид		23,7	2,8	10,8	62,7	30,5	28,5	41,0	42,2
45	Викоитоид		21,7	2,6	14,0	61,7	32,0	24,4	23,6	44,4
46	Викоит		24,0	1,2	14,3	60,5	31,7	22,9	45,4	40,9
47	Викоит		23,3	2,2	14,5	60,0	32,7	21,6	45,7	50,3
48	Викоит		20,8	4,8	11,0	63,4	44,8	24,3	30,9	42,6
49	Лейцитовый тефрит		16,1	3.4	24,2	56,3	26,6	32,6	40,8	36,4
50	Лейцитовый тефрит	Оттаяниты	15,3	4,7	23,3	56,7	26,7	44,9	28,4	44,6
51	Лейцитовый базальт	Оттаяниты	14,1	5,3	22,5	58,1	29,1	43,0	27.9	39,2
52	Лейцитовый базальт	Оттаяниты								
53	Лейцитовый базальт, богатый лейцитом	Оттаяниты	14,1 14,5	5,7 5,7	22,3 20,9	57,9 58,9	30,3 32,6	45,6 41,1	24,1 26,3	36,6 37,8
54	Оттаянит		11,3	5,2	27,9	55,6	23,2	42,8	34,0	38,1
55	Оттаянит		9,4	4,4	30,6	55,6	22,0	44,5	33,5	36,6

Продолжение.

№	Порода	*a*	*c*	*b*	*s*	f^1	m^1	c^1	*n*
56	Оттаянит (шлак)	10,3	4,9	30,3	54,5	25.4	41,7	32,9	41,6
57	Везувит 1631 г.	17,3	3,3	24.2	55.2	31,6	34,2	34,2	35,2
58	Везувит 1858 г.	17,2	3,7	23.3	55,8	36,8	31.2	32.0	35
59	Везувит 1906 г.	16,9	4,2	22.4	56.5	38,2	29.5	32.3	37 6
60	Везувит 1906 г. (шлак). . . .	16,7	4,4	22,5	56.4	38,7	29.9	31,4	37.0
61	Везувит 1914 г.	15,1	3.8	26,3	54 8	32.4	33,6	34.0	33,6
62	Везувит 1929 г.	15,9	5,9	22.0	56,2	31,6	38,1	30,3	36,6
63	Пироксеновая порода с биотитом и лейцитом	6,2	7,3	35,4	51,1	23,1	26,2	50,7	33
64	Форстерит — пироксеновая порода	6,2	6,4	48,8	38,6	9,5	90,0	—	13,7
65	Пироксен волластонитовая порода с лейцитом	2,7	1,8	45,9	49,6	5,9	12,1	82,0	4,1
66	Эндоморфный трахитовый викоит	22,7	2,1	13,9	61,3	27,4	39,3	33,3	57,6
67	Эндоморф. трахит. викоит-пемза	21,9	2,6	14,7	60.8	36 7	27,6	35,7	56,7
68	Эндоморфный лейцит-викоит .	16,4	2 8	22,6	58.2	12,3	46,0	41,7	43
69	Эндоморфный лейцитит-викоит.	17,3	2,5	26,6	53,3	14,2	31,8	54.0	41,1
70	Везувит а) свежий	17,9	3,9	22,1	56,1	37,4	33,1	29,5	40
	б) автопневматоморфный	19,6	2,1	22,5	55.8	36,8	31,1	32,1	38,4
71	Везувит а) свежий	16,0	2,5	27,7	53,8	25	39.5	35,5	35
	б) автопневматоморфн.	15,9	4,5	27,3	52,5	24	48	28	48
72	Лейцитовый базальт								
	а) свежий	13,6	4,2	26,5	55,8	31,6	36,8	31,6	37
	б) автопневматоморфн. . . .	14,5	3,1	27,8	54,6	30,2	34.6	35,2	62
73	а) Везувит	18,6	2,0	22.7	55.9	31,2	35,6	33,2	29,4
	б) Включение стекла	27,5	0	12.3	60,2	38,0	25	31	69,5
74	Стекловатая жилка в везувите	25,0	0.5	15.1	59.4	47	25	28	71
75	Метаморфизованный песчаник .	6,9	0,9	21,5	70,7	5	5	90	29

Диаграмма химических составов

На основании вычисленных числовых характеристик химических составов построена диаграмма, представленная на рис. 3. На этой диаграмме мы видим совокупность векторов, положение которых, с одной стороны, и направления и длины, с другой, характеризуют химизм пород Соммы и Везувия в целом. Полоса векторов на проекции ASB по мере движения вверх сильно сдвигается вправо, как это вообще характерно для щелочных ассоциаций изверженных пород. В соответствии с общей закономерностью химических составов изверженных пород векторы при этом сильно отклоняются в своем направлении вправо (против движения часовой стрелки). На диаграмме обозначены более толстыми векторы вулканических пород (лавы с черными кружками, пемзы и шлаки с кружками с точкой) и пород зернисто-кристаллических, о которых было сказано (белые кружки и тонкие векторы). Бросается в глаза то обстоятельство, что векторы вулканических пород мы находим только в верхней половине всей совокупности, изображенной на диаграмме. Векторы зернисто-кристаллических пород распределяются на всем протяжении полосы векторов и их больше в нижней ее половине. Эти последние векторы отвечают меланократовым породам, существенно состоящим из пироксена, к которому присоединяются биотит, оливин, лейцит, иногда плагиоклаз (№ 5 — биотитовое габбро), и в целом могут быть отнесены к группе щелочных пироксенитов. Они очевидно представляют продукты накопления более тяжелых минералов и обязаны своим происхождением частью явлениям дифференциации, частью, вероятно, реакции между магмой и стенками очага.

Обращаясь к верхней половине полосы векторов, мы видим, что они группируются пучками, отвечающими разным типам пород Двигаясь снизу вверх, мы имеем сначала небольшую группу векторов, представляющих из эффузивных пород — более

основные разновидности оттаянитов (лейцитовый тефрит Лакруа, оттаянит его же и Риттманна), а из полнокристаллических глубинных — миссуриты (также лейцитовый шонкинит 11 и пульянит 25). Здесь глубинные породы обладают большей щелочностью: более высоким a и более низким c.

Следующая большая группа пород заключает лавы с составом, меняющимся от более кислых оттаянитов (слева на проекции ASB) до везувитов (правее на той же проекции). Оттаяниты этой группы называли также лейцитовыми базальтами и базальтовыми викоитами. Везувиты выделены были из группы лейцитовых тефритов и описывались также и под этим названием.

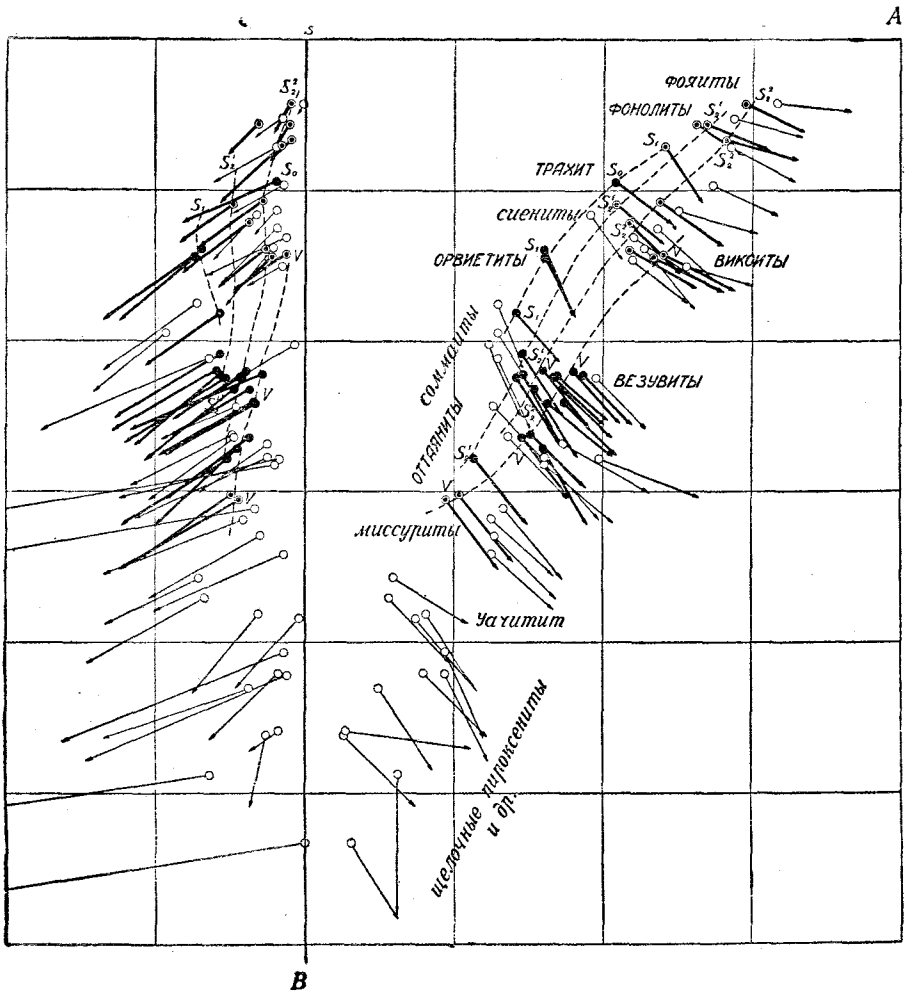


Рис. 3. Диаграмма химических составов горных пород Соммы и Везувия.

Глубинные породы, у которых векторы состава попадают в эту группу, объединены под названием соммаитов. Соммаиты, как видно из диаграммы, характеризуются несколько меньшим параметром a, чем эффузивные породы. Переходный тип между соммаитами и миссуритами представляет образец 21, названный сначала Риттманном миссуритовым соммаитом, а потом переименованный в битовнитовый фоянт-аркит.

Дальше кверху мы через орвиетиты переходим к группе викоитов и примыкающему к ним трахиту, отвечающему древнейшим излияниям Соммы-Везувия. Им также отвечают зернистые породы состава нефелиновых и лейцитовых сиенитов фояиты, аркиты.

Так меняются по химическому составу петрографические типы горных пород: Соммы и Везувия. Мы видим, что векторы составов их, кроме серийного расположе-

ния в виде вытянутой полосы, обнаруживают заметные смещения и в поперечном направлении. Это ясно показывает, как даже в одном вулкане колеблется состав извергаемых им лав. Мы видим также, что составы пород, кристаллизовавшихся на глубине и вынесенных в виде обломков при извержениях, несколько отличаются от состава ближайших к ним излившихся лав. Наконец, мы видим резкое различие в составе излившихся лав и извергнутых взрывами пирокластических пород, представленных шлаками и пемзами. Пемзы и шлаки (кружки с точками) являются кислыми и легкими типами пород, а лавы (черные кружки) основными и тяжелыми. Это различие между пемзами и шлаками, с одной стороны, и лавами, с другой, прежде всего бросается в глаза при рассмотрении диаграммы.

Вся совокупность векторов является, как сказано, общей характеристикой химизма пород Соммы и Везувия. Чтобы объяснить особенности ее, разумеется, необходимо обратиться к истории вулкана, к последовательной смене одного типа пород другим во времени.

К счастью этот вулкан настолько все-таки изучен, что такое рассмотрение является возможным; как мы уже видели, даже сводка данных по истории вулкана уже сделана Риттманном. К этому мы и должны теперь обратиться.

Геология Соммы и Везувия

(по Риттманну)

Геологией Везувия занимался еще Джонстон-Левис (2). Он пытался найти древнейшие лавы Соммы в основании внутреннего обрыва ее в Атрио дель Кавалло. Но, как указывает Риттманн, в наружных барранкосах (canaloni) обнажаются еще более глубокие горизонты. Далее Джонстон-Левис почти все лавовые потоки внешнего склона Соммы относил к первой фазе деятельности вулкана, отчего проистекала параллелизация покрывающих рыхлых продуктов, в действительности разновременных.

Несогласное залегание пирокластических продуктов у подножия горы наблюдается чаще, чем на верхних склонах, так как удаленные от кратера участки покрываются рыхлыми продуктами только через значительные промежутки времени и в различных в разное время секторах.

Джонстон-Левис думал, что, воздействуя на боковые породы, магма сама с течением времени менялась. Очень важным его наблюдением было то, что пемза, покрывшая развалины Помпеи, обнаруживает изменяющийся состав, причем нижние, более древние слои ее светлее и легче, чем верхние. Этот же ученый установил аналогичное, но еще более значительное изменение состава продуктов третьего пароксизма Соммы и вывел заключение о дифференциации магмы в вулканическом канале перед извержением.

Осадочное основание вулкана. Около вулкана оно нигде не обнаружено. Оно установлено на глубине 250 *м* в саду королевского дворца, около площади Виктории и площади св. Марка ла Педе в Неаполе. В первой из скважин прошли 213 *м* по верхнетретичным осадкам (известковистый и мергелистый песчаник, мергелистая глина и известняк), на глубине встречен (в обломках из скважин) более крепкий нижнетретичный песчаник.

Сведения о структуре основания дают кроме того выбросы из Соммы и Везувия, а также стратиграфия гор, окружающих кампанский бассейн опускания (грабен).

Это строение основания представлено Риттманном на его разрезе (рис. 4).

Вулканические отложения Первоначальной Соммы (Ur-Somma Риттманна). Во всех буровых скважинах Неаполя и окрестностей древнейшие вулканические образования представлены слоями более или менее выветрелых лапилли, трахитовой пемзы и туфов, местами также зеленоватой туфовой брекчией, желтеющей от окисления, которую не следует смешивать с Эпомео-туфами Исхии. Выше идет типичный серый кампанский туф или его подводные (морские) эквиваленты — именно серый трахитовый туф с окатанными лапилли и редкими остатками прибрежной морской фауны. Все эти отложения отвечают Флегрейскому периоду де-Лоренцо (3).

В Помпее недавно провели новую шахту в Каза деи Вази ди Ветро, которая вскрыла разрез более 30 *м*. Сверху вниз располагаются:

3 *м* — лейцитовая фонолит-викоитовая пемза извержения 79 г.,

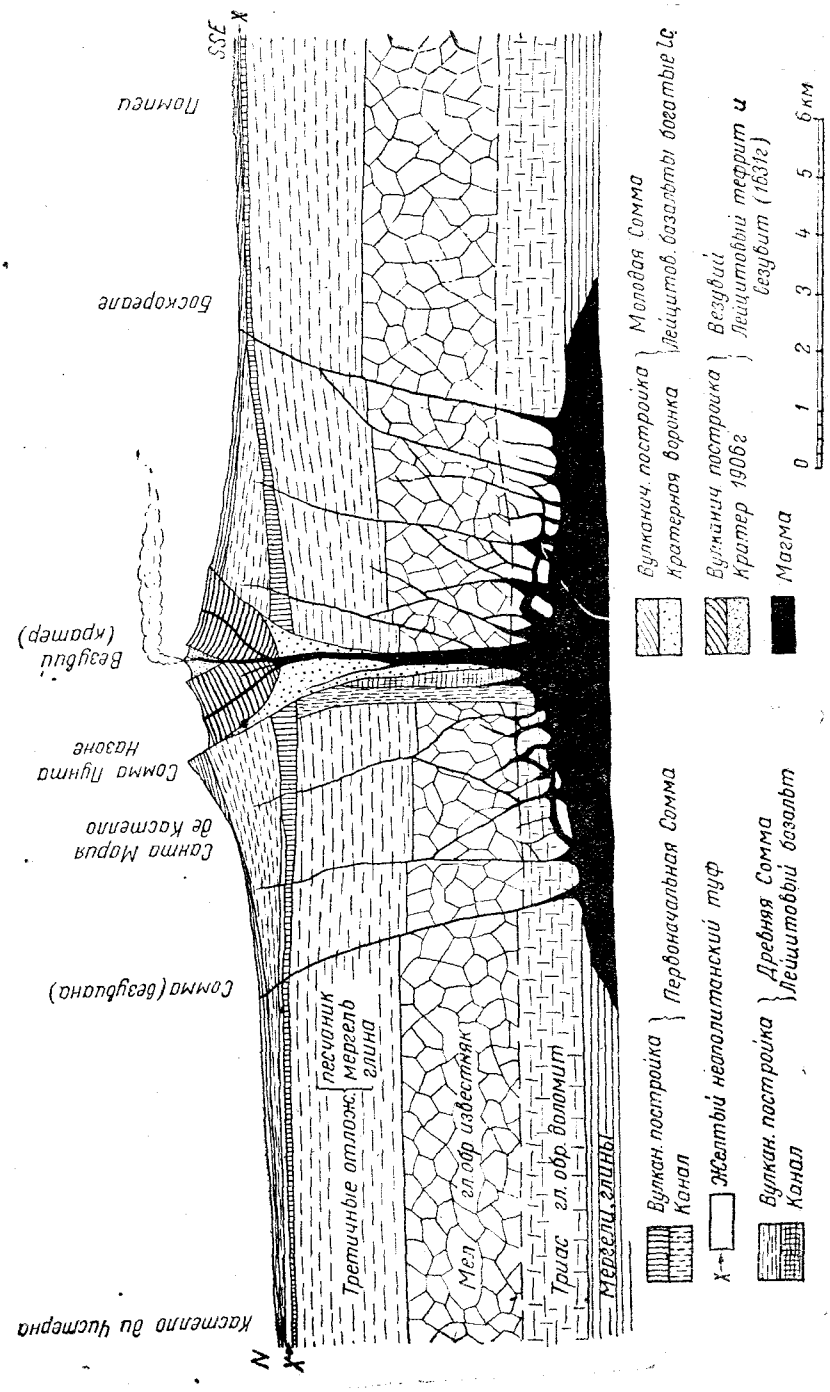


Рис. 4. Гипотетический разрез через вулкан Сомма-Везувий (по Риттманну).

13 *м* — искусственные древние римские навалы,

$1^1/_2$ *м* — лавовый поток Молодой Соммы (ан. № 51),

$^1/_2$ *м* — вулканический пепел и песок Молодой Соммы,

4 *м* — лавовый поток большого доисторического извержения (ан. № 54),

$1^1/_2$—2 *м* — трахитоидная вкрапленная пемза большого доисторического извержения, как у Сан Марцано (ан. № 37),

$^1/_2$ *м* — пепел и песок с остатками растительности,

— поверхность размыва —

4 *м* — желтый неаполитанский туф второго флегрейского периода,

более 4 *м* — серый кампанский туф с трахитовым шлаком (ан. № 33) и метаморфизованными, флюоритизированными обломками известняка.

Этот последний кампанский туф неизвестной мощности по внешнему виду едва отличим от известного серого туфа из «zona fluorifera» Скакки (10). Этот туф изучал потом Цамбонини и считал его отложениями раскаленных туч (типа Пеле) из древних пиперновых вулканов Флегрейских Полей. Риттманн в согласии со Скакки считает пиперно и серый кампанский туф продуктами разных эруптивных центров. Высокое содержание калия и ряд родственных соотношений с магмой Соммы и Везувия приводят его к заключению, что в сером туфе из Помпеи мы имеем продукты вулкана первоначальной Соммы. В связи с этим надо отметить нахождение среди выбросов Соммы обломков трахита, которые по минералогическим особенностям могут быть параллелизованы с породой № 33. Это представляет указание на трахитовые потоки вблизи центра извержения серых туфов, лежащих в основании Соммы.

Желтый неаполитанский туф. На основании буровых скважин можно заключить о таком его залегании. Его уровень понижается от Флегрейских Полей к Везувию и при бурении у Понтичелли и Сан Джиованни а Медуччио на глубине около 200 *м* он не был еще достигнут, наоборот, к югу от Везувия у Помпеи он почти на высоте уровня моря. У Кастеллямаре и Ангри он опять несколько понижается. Мощность этого отложения второго флегрейского периода в общем уменьшается с удалением от Флегрейских Полей. Риттманн считает на основании аналогии с тектоническими соотношениями Искии, Капри, Сорренто и всей окружности кампанского бассейна, что залегание неаполитанского туфа обусловлено молодыми ступенчатыми разломами Тирренского направления ENE. Он предполагает Тирренские сбросы и под Соммой и Везувием, чем объясняется высокое положение желтого неаполитанского туфа около Помпеи. За этого говорит также более слабая зона Везувия WNW направления, которая находит свое выражение в трещинах и многочисленных бокках выше Торре дель Греко.

Много спорили, отложился ли неаполитанский туф в море или на суше. Для желтого туфа Помпеи Риттманн считает насушное образование: нет никакой сортировки в распределении лапилли из легкой пористой пемзы и тяжелых компактных пород

Продукты Древней Соммы (Alt-Somma). Выше желтого туфа идут рыхлые серые туфы (пемза, пуццолан и лапилли) третьего Флегрейского периода с прослойками перемытых туфов с окаменелостями и слоев лигнита. По направлению к Везувию все чаще находятся прослоями продукты древнего вулкана Соммы, указывающие на его деятельность.

Продукты этой эпохи деятельности Соммы выступают на ее внешнем склоне на высоте 300 и 500 *м* над уровнем моря. Это — туфы и лавовые потоки (орвиетит № 38, 39, 40). Их появление на средней высоте горы связано с эрозией, которая сделала ровный склон вулкана более вогнутым. Редкость несогласий в залегании приводит к заключению о продолжительной непрерывной деятельности вулкана. В помпейской шахте нет продуктов Древней Соммы.

Продукты Молодой Соммы (Jung-Somma). На вышеуказанных отложениях Древней Соммы с резким несогласием, отмеченным следами выветривания и почвообразования, располагаются, особенно в верхних частях горы, мощные и разнообразные вулканические отложения Молодой Соммы. Это — продукты ряда крупных извержений.

Строение Молодой Соммы видно в обрыве Соммы в Атрио дель Кавалло. В пятисотметровой толще здесь видна типичная картина строения страто-вулкана. Мощные пласты шлаков и лапилли перемежаются с сильно разложенными потоками лавы, отчасти распавшимися в нагромождения глыб. Самое поразительное явление представляют жилы и интрузивные залежи, составляющие до 20% вулканической постройки. Некоторые жилы прорезают до современной поверхности внешний склон горы, где

они, однако, редко выветриваются, и выступают в виде стен, так как их поверхностные части состоят не из плотной породы, а из шлаковой глыбовой лавы, которая образует переходы к шлаковым конусам пробившихся на поверхность частей жилы. Особенно хороший пример этого рода представляет жила, выступающая непосредственно к западу от Пунта Назоне. Некоторые жилы внезапно изгибаются, переходя в интрузивные залежи, другие разветвляются, выклиниваются, соединяются вместе и т. д. Встречаются пересечения, сопровождаемые сбросами или без них и т. д. Особенного внимания заслуживают многочисленные силлы, которые легко смешать в поперечных разрезах с потоками лав. Они отличаются от них, однако, отсутствием подстилающих и покрывающих шлаков и одинаковыми с обеих сторон явлениями обжига, а иногда и переходами в настоящие секущие жилы; большей частью также относительной свежестью их породы. Вулканическая постройка вследствие инъекции многочисленных жил и интрузивных залежей должна была претерпеть заметное вспучивание ее центральной части.

Петрографически все лавы описанных обнажений принадлежат к лейцитовым базальтам. Более древние несколько богаче полевым шпатом, а более молодые — лейцитом. Только в самых молодых жилах встречаются типы, которые вследствие богатства их лейцитом дают переходы в лейцитовые тефриты. Эти породы попадают в переходную область оттаянитов; соответственно со значительным удалением от выводного канала продукты Молодой Соммы у подножья горы представляют фациальное отличие по сравнению с теми, которые можно изучать в Атрио дель Кавалло. Пеплы, пемзы, полигенные брекчии и отдельные, большей частью вылившиеся на склонах горы лавовые потоки здесь преобладают, тогда как выбросы шлаков имеют только местное значение. Этот материал изучался Джонстон-Левисом.

После длительного перерыва, во время которого образовалась растительная почва и промыты глубокие барранкосы, деятельность вулкана возобновилась сильным пароксизмом. Его продукты, как и в случаях позднейших следовавших после длительного покоя извержений, обнаруживают замечательную правильность. Ниже всего залегают белые сильно пористые трахитовые пемзы, за которыми следует более темная зеленовато-серая шлаковая пемза с обломками третичного мергеля, а затем еще более темная и компактная шлаковая пемза с обломками мелового известняка и отчасти метаморфизованного триасового доломита; наконец, выше всего залегают черные шлаки лейцитового базальта. Не резко отграниченные залежи представляют продукты одного крупного извержения и доказывают дифференциацию магмы в канале вулкана, пролетшедшую за время покоя. Встречающиеся в разных местах лапилли лейцитового базальта и слои пепла указывают на менее сильное извержение, следовавшее за большим.

Позднее явление повторилось. После длинного периода покоя были вновь выброшены дифференциаты магмы Соммы в указанном правильном порядке.

Относящееся к третьему периоду деятельности Молодой Соммы гигантское извержение Соммы было самым сильным. Продукты его, обнаруживающие типичные дифференциаты магмы Соммы, имеют более широкое распространение на северных склонах вулкана, а также на равнине у Сан Марцано. Стриано и в основании Помпеи. Выброшенные сперва белые сильно пористые трахитоидные викоитовые пемзы (№ 37) образуют у Сан Марцано пласт 70 *см* мощностью и прикрыты различными слоями более молодых пеплов. Здесь встречаются многочисленные урны и другие остатки культуры VIII столетия до нашей эры. Эти находки и легендарные предания позволяют отнести возраст глубже лежащих белых пемз к XII столетию до нашей эры.

На северном склоне Монте Соммы опять находятся такие же пемзы, но кроме того и относящиеся к тому же извержению более темные шлаки викоитовой пемзы, близкие к породе № 48. Тогда как между белыми пемзами встречаются отдельные лапилли лейцитового базальта, зеленовато-серые шлаки содержат часто осколки и обломки мелового известняка, местами придающего породе вид брекчии (lava a breccia Скакки). Последние выброшенные массы этого доисторического гигантского извержения состоят из серых пеплов с многочисленными глыбами глубинной породы и выбросами сильно метаморфизованного триасового доломита.

В основании Помпеи выступают белые пемзы этого извержения переменной мощности (до 2 *м*), они перекрыты лавовым потоком оттаянитовой лавы толщи-

ной 4 *м*, которая вылилась непосредственно после их отложения. По залеганию химическому и минералогическому составу этот поток представляет основной Nachschub—дифференциационный коррелят белой пемзы и, повидимому, вылился на поверхность у подножия горы в районе Боскореале.

Верхний лавовый поток основания Помпеи—не дифференцированный, богаты лейцитом лейцитовый базальт (№ 51) и различные слои пепла и лапилли; между прочим те, которые покрывают культурные остатки восьмого века до нашей эры—моложе, но принадлежат к той же эпохе деятельности, как так называемое гигантское извержение.

Во время покоя в течение столетий магма значительно дифференцировалась в выводном канале, так что та, которая во время нового периода деятельности появилась при извержении 79 г. до нашей эры при взрыве вулканической пробки, застыла в виде лейцитово-фонолитовой и викоитовой пемзы (№ 41 и 42), которая и уничтожила Помпею. За ней следуют несколько более темные и менее пористые викоитовые пемзы. Они образуют верхний слой помпейской изверженной массы (№ 44) и простираются на весь Соррентин-

Таблица 4

Дифференциация в вулканическом канале (жерле) перед доисторическим извержением (по Риттманну)

Глубина в *км*	Боковые породы	Содержимое жерла	Магматические продукты	Руководящие ксенолиты
$1^1/_2$		Пробка из древних лейцит-базальтовых лав	Газы	Брекчии из вулканич. пород
1	Лавы и туфы Соммы			
0	Лавы, туфы Первоначальной Соммы		Белые трахитоидн. пемзы	Лейцит. базальт
1		Очень богатая газом пуласкит-ювитовая магма. Богатая газом везувитовая магма	Светлосерая викоитоидная пемза	
2	Третичные осадки		Зеленовато-серые викоитоидные пемзовые шлаки. Богатые стеклом викоитоиды	Мергели и песчаники, редки
3	Меловой известняк			Известняки Часто сильно метаморфизов. известняки
4				
5		Соммаитовая магма	Пепел лейцитового базальта	
	Триасовый доломит			
6	Вулканический очаг	Соммаит Миссуритовая магма	Комагматические плутониты Оттаянитовая лава	Силикатные породы

ский полуостров (№ 45 из Позитано). В эту фазу извержения выброшены были многочисленные ксенолиты известняковых осколков, которые встречаются как включения в зеленоватых пемзовых шлаках, выброшенных непосредственно вслед за викоитовыми пемзами Помпеи. Ограниченная область распространения их вокруг кратера позволяет заключить об ослаблении взрывов во время этой эксплозионной фазы. Позднее спустились по склонам грязевые потоки, которые состояли из водной каши пепла, пемзы (№ 53) и другого материала, и опустошили Геркуланум.

Соответствующее более позднее излияние лавы этого извержения пока неизвестно, но по аналогии с другими извержениями такого же типа должно быть очень вероятным. Единственный лавовый поток, который по мнению Риттманна может быть отнесен к извержению 79 г. по своему стратиграфическому положению, минералогическому и химическому составу — это поток лейцитового тефрита из Казелло ди Чистерна (№ 50). Его условия залегания, небольшая мощность и лейцито-тефритовый характер покрывающих его, частью смытых туфов позволяют узнать в нем очень молодой поток Соммы. Он вылился вблизи селения Сомма и тек широким фронтом на 5 *км* длиной по пологому склону. Около Чистерна он свыше 20 *м* мощностью и своим основанием достигает теперешнего уровня грунтовых вод. Минералогически и химически порода занимает среднее положение между древними лейцитовыми базальтами Молодой Соммы и молодыми везувитами, довольно резко отличаясь от тех и других.

Вероятно уже последнее доисторическое гигантское извержение струей извергающихся газов и обвалы стенок огромной воронки образовали большой, несколько косо расположенный кратер, который во время следующего периода деятельности был в значительной мере заполнен выбросами шлаков и внутрикратерными излияниями лавы, так что вулкан обладал плоской кратерной впадиной, ограниченной с севера обрывистой стеной (согласно преданиям из времен восстания Спартака). Плинианское извержение 79 г. заново вскрыло выводное отверстие и значительно расширило кратер. Жилы теперешнего обрыва Соммы в Атрио дель Кавалло нужно рассматривать, как доказательство такого представления, поскольку среди них не встречаются характерные для самой последней деятельности Соммы лейцитовые тефриты и также, естественно, еще более молодые везувиты, так как ко времени их появления гора уже была обезглавлена и магма, подымающаяся в жерле до отверстия кратера, не могла уже более достигать до высоты вала Соммы.

Более древние продукты Везувия. Спустя некоторое время в большом кратере Соммы началось образование центрального кратера извержений, который при сильном извержении 471—2 гг. опять частью был разрушен. Во время следующей деятельности, продолжавшейся столетия и очень похожей на современную, внутри кратера Соммы был насыпан большой конус — Везувий.

Продукты этого после-плинианского периода находятся широко распространенными на внешнем склоне Соммы, особенно в Каналоне ди Арена, где Джонстон-Левис установил такую стратиграфию.

Лежачий бок — пемзы и пеплы извержения 79 г.

1. Желто-серая пемза, делающаяся кверху более плотной и переходящая в серые пемзовые шлаки с вкрапленниками лейцита. Они содержат нередко осколки известняка (эндоморфный викоит № 66 и 67) и предположительно относятся к большому извержению 203 г.
2. Грубая шлаковая брекчия. Извержения 243, 305 и 321 гг. (?).
3. Отложения пемзовых шлаков до 10 *м* мощностью с большими кристаллами лейцита, часто сидящими в пустотах (викоит № 46 и 47) лапилли и метаморфизованных известняков. Материал, очень вероятно, выброшен при извержении 471 г.
4. Черные богатые стеклом шлаки, выброшенные при извержении с слоями песка и покрытые пеплом. Извержение 512 г. (?)
5. Пористые, бедные стеклом шлаки с большими лейцитами 685 и 993 гг. (?).

К этому периоду деятельности относится также небольшой окруженный шлаковым валом поток лейцитового тефрита (№ 49) в Каналоне ди Поллена. Его стратиграфическое положение, химический и минералогический состав не оставляют сомнений в принадлежности к этому периоду. Это было небольшое боковое извержение Везувия на склоне старого вулкана Соммы.

Более молодые продукты Везувия. Большим извержением 1631 г. началась после сравнительно короткого промежутка покоя, который не привел к заметной диференциации магмы в жерле, новая, продолжающаяся и теперь эпоха деятельности Везувия с ее периодическими извержениями. Ее лавы обнаруживают, несмотря на структурные различия, почти одинаковый химический состав (№ 57—62). Это богатые плагиоклазом лейцититы, получившие специальное название везувитов.

Из изложенного (по Риттманну) геологического очерка Соммы и Везувия мы можем сделать такие заключения о последовательности появления разных вулканических пород Соммы и Везувия (см. рис. 3).

S_0 — К образованиям Первоначальной Соммы относится № 33 трахитоидная пемза, найденная в выбросах в сером кампанском туфе в основании Помпеи из шахты 1931 г.

S_1 — К образованиям Древней Соммы мы можем причислить:

№ 34, выбросы в туфах верхних (слоев) Каналоне ди Поллена; по составу это — содалитовый фонолитовый трахит.

К лавам Древней Соммы относятся:

№ 38, богатый полевым шпатом виконт, образующий лавовый поток в Каналоне ди Поллена на отметке 400 *м*.

№ 39, такой же виконт (орвиетит) из лавового потока между Соммой и Санта Мария ди Кастелло.

№ 40, богатый санидином биотитовый лейцитовый базальт (орвиетит) из лавового потока под церковью Санта Мария ди Кастелло.

S_2^1 К образованиям Молодой Соммы доисторических извержений относятся:

№ 37, пемзы из нижних слоев Сан Марцано, представляющие по составу виконтовый фонолит.

№ 48, выбросы в туфах последнего доисторического извержения Каналоне ди Арена, по составу это — виконит.

Лавовые породы этого периода представлены:

№ 51, самым молодым лавовым потоком в основании Помпеи, по составу представляющим лейцитовый базальт.

№ 54, лавовым потоком в основании Помпеи, нижний слой в шахте 1931 г., по составу оттаянит.

К этим лавам близки:

№ 52 и 53, лейцитовые базальты — оттаяниты, пересекающие жилами постройку Соммы в Атрио дель Кавалло.

S_2^2 Образование исторической Молодой Соммы представляют (продукты плинианского извержения):

№ 41—42, нижние слои пемзы из Помпеи и виллы Мистери около Помпеи, по составу — виконтовый фонолит.

№ 44, верхние слои помпейских пемз (виконтоид) и

№ 43, включения в грязевых потоках Геркуланума.

№ 45, пемзы из Позитано на о-ве Сорренто, покрывающие остатки древнеримских построек.

Может быть сюда же относится № 35 и 36 — нефелин-содалитовый фонолит также в выбросах из более молодых брекчий Соммы.

Лавы этой эпохи извержений представлены лейцитовыми тефритами. Сюда относится № 50 — поток около Кастелло ди Чистерна.

№ 40, лавовый поток исторического извержения в Каналоне ди Поллена.

v. Наконец деятельность Везувия дала:

№ 46 и 47, выбросы шлаков после плинианского извержения на склонах Соммы; около Торре дель Греко их покрывает поток 1631 г. По составу эти лавы представляют виконит. Лапилли извержения 1906 г. представляет образец № 55 из Оттаяно.

Лавы Везувия представлены образцами:

№ 57, извержение 1731 года.

№ 58, извержение 1858 г.

№ 61, извержение 1914 г.

№ 62, извержение 1929 г.

Эти периоды деятельности вулкана отмечены по нашей диаграмме соответствующими буквами. Мы можем воспользоваться ими для сравнения положения разных векторов.

Заметим, что и плутонические породы Соммы и Везувия Риттманн распределяет по циклам диференциации, отвечающим периодам между временами деятельности вулкана. Он дает такую таблицу:

№		
2	Авгитовый сиенит порфир	Относятся ко времени между образованием первоначальной Соммы и циклом древней Соммы
12	Соммаит	
14	Соммаит	Цикл древней Соммы S_1
13	Соммаит	
3	Меласиенит с лейцитом	
15	Соммаит	Доисторический цикл Молодой Соммы S_2^1
32	Уачитит	
5	Биотитовое габбро	
9	Лейцитовый фояит-порфир	Исторический цикл Молодой Соммы S_2^2
16	Богатый лейцитом соммаит	
10	Пироксенит-лейцитовый фояит	
17	Фояит-италит	Цикл Везувия V
20	Фояит-аркит	
21	Фояит-аркит	
23	Миссурит	
24	Миссурит	
11	Пироксеново-лейцитовый фояит	
31	Биотитовый пикросенит	

О важной особенности диаграммы составов пород Соммы и Везувия

Рассматривая на нашей диаграмме распределение векторов по разным циклам, легко заметить такую особенность. Для каждого цикла векторы широко меняют свое положение на диаграмме, соответственно тому широкому изменению химического состава продуктов извержений, которое наблюдается в пределах каждого цикла. Для каждого цикла мы имеем серию пород. Пунктирные линии на диаграмме соединяют начальные точки векторов, изображающие составы пород одного цикла. Это—линии, характеризующие серии этих пород. При этом последовательность появления пород каждого цикла отвечает перемещению по такой линии сверху вниз.

Переходя от одного цикла к другому в порядке их последовательности во времени, мы видим смещение пунктирных линий, характеризующих цикл, слева направо. Направление перемещения характеризует тип эволюции магмы в очаге.

Таким образом мы на данном примере видим, что в изменении положения векторов можно различать два направления: одно, более резко выраженное, изображает диференциацию, происходящую в течение циклов между пароксизмами деятельности вулкана, другое — отвечает общему развитию магматического очага.

При всяком графическом изображении химических составов какой-нибудь естественной совокупности изверженных горных пород получается на диаграмме целый рой точек, векторов или других геометрических элементов, изображающих составы отдельных пород. Одной из важных особенностей такого рода диаграмм является то, что обычно этот рой точек или других геометрических элементов вытягивается в виде некоторой полосы. Обычно строят некоторую линию, как ось такой полосы, и нередко рассматривают ее, как линию диференциации, отклонения от которой имеют случайный характер. На примере столь хорошо изученного вулкана, как Сомма и Везувий, мы видим, что это не может приниматься, как правило. Рой геометрических элементов диаграммы (точек, векторов и т. д.) получается здесь, как результат двоякого рода изменений, зависящих, очевидно, от разных причин. Вскрыть эти причины может только подробное геологическое и петрографическое исследование, и во многих случаях они являются лишь более или менее обоснованными гипотезами. Для рассматриваемого случая такую гипотетическую картину Риттманн рисует в резюме своей работы.

13447

Заключение Риттманна о магматической эволюции и истории образования Соммы и Везувия и общие замечания о диаграмме (рис. 3)

Во время первого флегрейского периода в области теперешней Монте Сомма произошло первое проявление вулканизма. Прорыв магмы последовал с глубины около 6000 *м* вероятно на одной из существовавших раньше трещин тирренского ENE простирания.

Большие количества трахитовых туфов, смешанных с сильно вспенившимися выброшенными шлаками и отдельными кусками обломков осадочных пород, были доставлены первым извержением и отложены на суше.

Выбросы позднейших извержений указывают на трахитовые лавовые излияния, которые имели место в конце или вскоре после начального пароксизма. Так возник вулкан Первоначальной Соммы из трахитовых туфов с внутрикратерным или близким к кратеру излиянием трахита. По своему материалу он обнаруживает большое сходство с примерно однородными с ним вулканами флегрейской пиперновой фазы и с центрами извержения серых, содержащих флюорит туфов Кампаньи (которые по меньшей мере отчасти должны были быть найдены вне флегрейских полей).

После того как были выброшены богатые газами верхние трахитовые отложения очага Соммы, эндогеновые силы истощились и наступил длительный период покоя, во время которого в соседнем районе Флегрейских полей происходили мощные извержения второго Флегрейского периода. Выброшенные при этом массы, которые обозначены названием желтого неаполитанского туфа, отложились в районе Соммы на суше и с мощностью, убывающей на SE.

Вследствие вызванного извержением первоначального пароксизма изменения объема очага, кровля его начала оседать во время последовавшего затем периода покоя. Тектоника ENE простирания сделалась местами опять активной, так что после отложения желтого туфа наступила трансгрессия моря, которая достигла до наиболее высокого края несколько наклонившейся к югу глыбы у Помпеи, и здесь абрадировала желтый туф.

Медленно проникавший в более верхние слои магматический очаг достиг на глубине примерно $5^1/_2$ *км* нижних слоев триасового доломита. Магма начала вступать в реакцию с карбонатами в верхней части очага, богатой газами, и претерпевала все более сильный эндоморфизм, вносивший в ее состав известь и магнезию. Газы (H_2O, H_2S, HCl и т. д.), освобождавшиеся при ретроградном вскипании медленно кристаллизовавшейся магмы, получили значительное добавление ресургентных газов (CO_2 и H_2O) из осадочных пород, что имело следствием огромное возрастание внутреннего давления, пока кровля очага, состоявшая из осадочных пород, вновь не была прорвана газами извержения и не наступил новый период деятельности.

Многочисленными извержениями были выброшены шлаки, пепел и вылились лавовые потоки. Накопление этих продуктов создало стратовулкан более тысячи метров высотой — Древнюю Сомму. Ее лавы представлены богатыми полевым шпатом викоитами, которые со временем перешли в богатые битовнитом и лейцитом лейцитовые базальты. При нормальной, не осложненной ассимиляцией дифференциации трахитовой магмы Первоначальной Соммы на этой стадии получились бы, по мнению Риттманна, только отдельные извержения трахиандезитовых до трахибазальтовых продуктов, как это имеет место на Исхии.

На Сомме длительную деятельность поддерживали ресургентные газы и магма подверглась десиликации, благодаря ассимиляции доломита, вследствие чего в продуктах извержения образовались лейцит, сильно известковый плагиоклаз и обильный авгит. Вместо трахиандезитов получились викоиты и лейцитовые базальты. Только после долгого промежутка времени угасли эндогенные силы, жерло закупорилось и в продолжение многих столетий вулкан оставался покойным. Эрозия прорезала барранкосы и растительность завоевала голые склоны горы.

На глубине ассимиляция триасового доломита шла все дальше и дальше, магма диференцировалась, в жерле в богатых газами верхних слоях она обогащалась вследствие газового транспорта натрием, а возрастающее внутреннее давление подготовило новую эпоху деятельности. Она началась бурным извержением, которое

извергло сперва трахитово-фонолитовую магму верхних слоев и покрыло широкое пространство слоем трахитоидной пемзы. Затем последовали более тяжелые дифференциаты: викоитовая — шлаковая пемза, темные шлаки и, наконец, лавы лейцитового базальта. Ряд меньших извержений закончил этот цикл деятельности. После нескольких столетий возобновился цикл деятельности, за ним последовал еще более длительный период покоя, за время которого магма сильно диференцировалась. Примерно в 12-м столетии до нашей эры жерло вновь открылось, огромные массы трахитоидной пемзы, викоитовых шлаков и оттаянитовые потоки лавы были доставлены этим извержением и отметили собой диференциацию. После этого «большого доисторического извержения» имел место ряд менее значительных до того, как затух этот цикл деятельности.

Между тем вулкан достиг высоты более 2000 *м*. Вершинные извержения становились все реже; вместо того магма инъекцировалась в вулканическую постройку в виде жил и интрузовых залежей лейцитового базальта и часто выступала на поверхность на склонах горы.

Последний цикл деятельности этой эпохи, объединяемой в понятии Молодой Соммы, проявился в плинианском извержении 79 г. В предшествовавший ему период покоя магма снова диференцировалась. Ее продукты отличаются от продуктов более ранних циклов диференциации большим содержанием лейцита, что является, по Риттманну, результатом все идущей вперед ассимиляции доломита. Пемзы лейцитового фонолита, богатые лейцитом викоитовые шлаки и лейцит-тефритовые лавы отличают этот цикл.

Продолжающаяся и теперь эпоха деятельности создала внутри образовавшегося вследствие больших извержений Молодой Соммы гигантского кратера дочерний вулкан — Везувий, продукты которого — лишенные санидина и очень богатые лейцитом везувиты — представляют дальнейший этап эволюции магмы.

На рисунке (рис. 5) графически представлены соотношения между деятельностью вулкана, диференциацией, ассимиляцией и петрографической природой эффузивных пород как функций времени. За исключением развития минерального состава лав мы имеем здесь только качественные представления, а для доисторических извержений — только порядок интенсивности и данные относительно времени.

Чтобы распутать сложные явления диференциации магмы Соммы-Везувия было возможно привлечение материала обширных исследований. Первоначально фонолитовая магма местного очага вследствие ассимиляции доломита изменяла свой химизм с течением времени, и, когда в периоды покоя вулкана наступала гравитационная диференциация, происходили явления диференциации, которые закономерно уклонялись от таких явлений более ранних периодов. В работе Риттманна описано пять таких циклов диференциации, которые позволяют заметить характерную для развития диференциации прогрессирующую десиликацию и обогащение калием. По отдельности рассмотрено действие эндоморфизма, автопневматолиза и связанной с ними пневматолической диференциации (газового переноса) и на основании этого высказан взгляд на генетические отношения известных до сих пор продуктов Соммы и Везувия.

В заключение Риттманн делает еще два замечания:

1. Он справедливо указывает на то, что только в том случае, если детально изучена геология и выяснены взаимные отношения пород, можно разобраться в сложных процессах диференциации, а суммарная диференциальная диаграмма может привести к ложным представлениям.

2. Он считает, что на Сомме и Везувии влияние карбонатов доказывается:

а) карбонатовыми выбросами, b) прогрессивным изменением в диференциации вследствие ассимиляции и соответственной десиликации, c) возрастанием содержания калия, связанным с выносом натрия. Риттманн думает, что, если и можно допустить, что одна диференциация может привести вследствие геотектонически-физических условий к тихоокеанским, атлантическим и средиземноморским (трахитовым) породам, то для образования лейцитовых пород необходимо эндогенное воздействие в виде ассимиляции карбонатов.

«Поскольку мы знаем, пишет он, действительно все петрографические ассоциации с сильно выраженным средиземноморским характером образовались при излияниях

или неглубоких интрузиях (жилы, лакколиты) и встречаются в связи с значительными известняковыми и доломитовыми формациями, как, например, в западноитальянских вулканах, в Германии в Кайзерштуле и Эйфеле, в Америке в горах Хайвуд, Бер-Чау и Лейцит-Хилл и т. д.». Это обобщение сам автор считает, однако, еще требующим доказательств точными геологическими и петрографическими исследованиями.

Как на один из примеров, наиболее резко противоречащих высказанному Риттманном предположению о связи изверженных калиевых пород с известняковыми

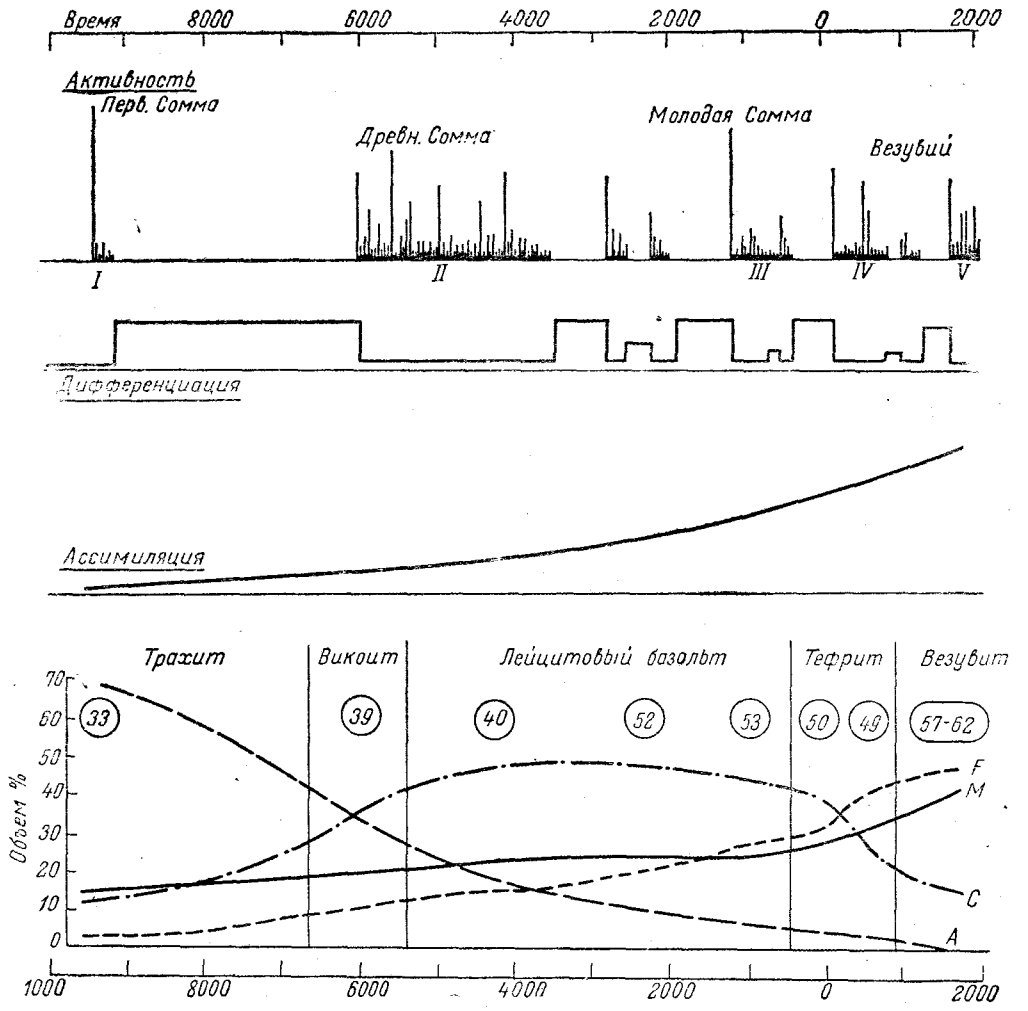


Рис. 5. Соотношение между деятельностью вулкана, диференциацией, ассимиляцией и количественным минералогическим составом главных лав (по Риттманну). Минералогический состав: А—калиевый полевой шпат, С—плагиоклаз, F—фельдшпатоиды (лейцит) М—темные составные части. (Цифры в кружках отвечают номерам анализов.)

и доломитовыми формациями, можно указать на замечательную группу вулканов Манчжурии (Уюнь-Холдонги и др.), где лейцитовые лавы прорвались на поверхность через граниты. По своему составу они представляют еще более редкий тип лейцитовых пород, в которых полевой шпат представлен не основным плагиоклазом, но натриевым санидином. Не только расположение этих вулканов на огромных массивах гранита, но и выбросы обломков гранита из вулканов при их извержении указывают на то, что стенки очага едва ли состояли из карбонатовых пород. Предпо

ложение Риттманна о роли карбонатов в образовании лейцитовых пород является столь же гипотетичным, как идея о непременном участии карбонатных пород в образовании вообще всех щелочных изверженных пород.

Тем не менее независимо от той или иной гипотезы для химизма пород можно считать установленным наличие смещения линии диференциации лав с каждым новым циклом деятельности вулкана. Это смещение превращает линию диференциации в полосу точек или векторов. Такое расположение элементов, изображающее химические составы пород в виде полосы, является характерным признаком почти всех подобных диаграмм. Общее расположение этих геометрических элементов, положение некоторых осевых линий их полос дают наглядную общую характеристику химизма вулканических и плутонических формаций, представленных на диаграмме. Но это только первый шаг к изучению химизма их с помощью диаграммы. Пример такого хорошо изученного вулкана, как Везувий и его Сомма, показывает, что далее возникают важные задачи анализа расположения геометрических элементов таких совокупностей их, и решение этих задач должно быть связано с подробным геологическим исследованием изучаемых формаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заварицкий. А. Н. — Об одной важной петрохимической закономерности. Записки Лен. Горн. Ин-та, т. IX, в. 2, 1935. Его же. Об изучении химизма горных пород с помощью диаграммы. Сборн. акад. Вернадскому, изд. Ак. Н., 1937.
2. Johnston-Levis. H. J. — The geology of Monte Somma and Vesuvius, being a study of vulcanology. Quart. Journ. Geol., v. 40, 1884.
3. De Lorenzo. — History of volcanic action in the Phlegraean Fields. Quart. Journ. Geol. Soc., v. 60, 1904.
4. Zambonini F. — Mineralogia vesuviana. Atti R. Acc. Sci. fis. e mat., ser. 2 a, v. 14, N 7, Napoli, 1910.
5. Zambonini F. — Il tufo pipermoide della Campania e suoi minerali. Mem. Descr. Carta geol. d'Italia, v. 7, Roma, 1919.
6. Rittmann A. — Die geologisch bedingte Evolution und Differentiation des Somma-Vesuv-magmas. Zeitshr. für Vulkanologie, Bd. XV, H. 1/2, 1933.
7. Lacroix A. — Etude minéralogique des produits silicatés de l'éruption du Vésuve. Nouv. Archive du Museum, 4 sér., v. 9, Paris, 1907.
8. Washington, H. S. — The Roman Comagmatic Region. Carnegie Inst. Publ., N 57, Washington, 1906.
9. Narici E. — Contributio alla Petrografia chimica della Provincia magmatica Campana e del monte Vulture. Zeitschr. für Vulkanologie, Bd. XIV, 1932.
10. Scacchi. — La regione vulcanica fluorifera della Campania. Mem. Com. Geol. d'Italia vol. 4, N 1, 1890.

Summary

In the present paper the author gives an example of application of his method to the study of the chemistry of rocks by means of diagrams (lit. 1).

Here this method is applied to the study of the rocks of Somma and Vesuvius, chiefly according to the data recently published by Rittmann (lit. 6).

Fig. 3 in this paper is a diagram of the chemical compositions of these rocks represented by means of vectors.

The letter S_0 designates trachyte of the Ur-Somma. S_1 — products of ancient Somma. S_2^1—formations of the Young Somma before the historic eruptions. S_2^2 — products of the historic Young Somma and finally V— products of the activity of Vesuvius.

The diagram shows that for every cycle of eruptions the vectors conspicuously change their position corresponding to the considerable change in the chemical composition of eruption products of every cycle. Passing from one cycle to another, we see a displacement of the vectors whose initial points for

each cycle are joined together by a dotted line. This displacement goes from left to right, and its direction characterises the type of evolution of the magma in the hearth.

Thus in the given example it becomes obvious that there are two directions to distinguish in the position of the vectors: one of them, the more strongly marked, represents differentiation, which takes place in the cycles between paroxysms of the activity of a volcano; the other corresponds to the general change in the chemistry of the magma in the hearth.