

ВУЛКАНИЧЕСКИЕ ГАЗЫ КАК ПРОИЗВОДНЫЕ ЛЕТУЧИХ МАНТИЙНОЙ МАГМЫ

Л. А. БАШАРИНА, Е. К. МАРХИНИН

Институт вулканологии СО АН СССР

Согласно современным представлениям, состав мантии под океанами и под континентами различен. Океаническая мантия более кислая, чем континентальная, так как последняя потеряла кислое вещество на формировании земной коры континентов. В настоящее время интенсивная потеря мантией относительно кислого вещества отмечается вдоль границ Тихого океана в областях островных дуг и родственных им структур. Здесь происходит процесс образования континентальной коры, и океаническая мантия благодаря выплавлению из нее относительно кислого силикатного вещества и выноса его вулканами на поверхность земли превращается в мантию континентальную (Мархинин, 1967). Этот процесс, естественно, сопровождается интенсивной дегазацией мантии.

В свете этих представлений мантия под океанами в общем не дегазирована. Мантия же в зоне перехода от океана к континенту находится в процессе наиболее интенсивной дегазации. И, наконец, под континентами — дегазированная или мантия, в которой процесс дегазации завершается.

В этой связи исключительный интерес имеет вопрос: есть ли какие-либо отличия в составе газов вулканов океанов, зон перехода и континентов, и в чем они выражаются? Другими словами, зависит ли состав вулканических газов от состава и стадии дегазации мантий?

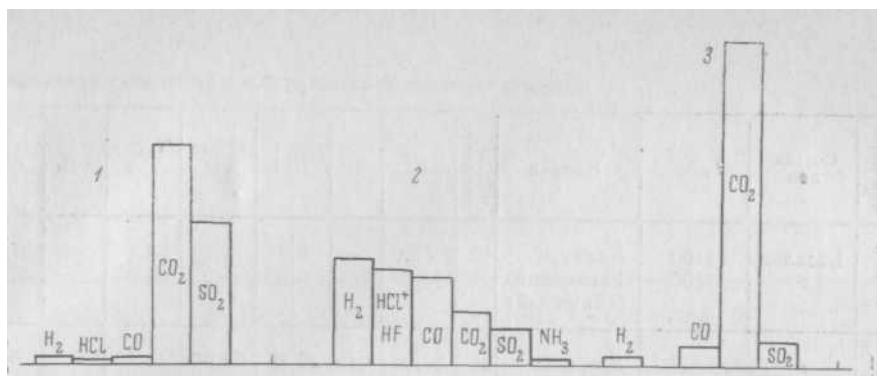


Рис. 1. Изменение состава «активных» вулканических газов (объемн. %) в зависимости от типа земной коры, состава и стадии дегазации мантии

1—океаническая мантия; 2—мантия зоны перехода от океана к континенту; 3—континентальная мантия

Для решения этой задачи были использованы анализы газов (таблица) океанического вулкана Килауэа, Ключевского вулкана и африканского вулкана Нирагонго.

Так как состав вулканических газов представляет собой функцию силикатного состава магмы и температуры газовой струи, для сравнения вулканических газов океана, континента и зоны перехода во всех случаях взяты газы базальтовых извержений при максимально высоких температурах. Для удобства сравнения из анализов исключены кислород, азот и вода, а «активная» часть представлена в объемных процентах.

Результаты сравнения показаны на рис. 1. Прежде всего обращает на себя внимание то, что, несмотря на несколько низкие температуры газовых проб, наиболее высокие содержания H₂, HCl, HF, CO отмечаются в газах Ключевского вулкана. В то же время в газах вулканов Гавайских островов при высоких (1100°) температурах преобладают CO₂ и SO₂, характерные на Ключевском вулкане для значительно более низких температур. В газах вулканов Гавайских островов при температуре 1100° CO₂ составляет 58,4%, а SO₂ — 37,4%, HF отсутствует, HCl содержится всего 0,5—0,71%, т. е. приблизительно в 30 раз меньше, чем в высокотемпературных газовых пробах с Ключевского вулкана. Возможно, это связано с тем, что газ Гавайских вулканов характеризует начальную стадию дегазации мантии. Возможно также, что высокая концентрация в нем SO₂ отражает более высокое содержание в океанической мантии силикатного материала. Известно, что в областях островных дуг в газах андезитовых извержений SO₂ больше по сравнению с базальтами. Но лава Гавайских вулканов несколько более основная, чем Ключевского, и поэтому есть основание полагать, что большее содержание SO₂ в газах вулканов первого объясняется именно более кислым составом самой океанической мантии.

Газ континентального вулкана Нирагонго резко отличен как от газа вулканов океанических островов (Килауэа), так и в особенности от газа вулкана зоны перехода от океана к континенту — Ключевского. Прежде всего в нем совершенно отсутствуют галоидные соединения, содержится ничтожное количество H₂, CO и SO₂, и он на 86,3% состоит из CO₂ при температуре 1000°. Для Ключевского вулкана такой состав наблюдается в низкотемпературных газовых струях, характеризующих заключительную стадию дегазации лавы через 10—20 лет после начала извержения. Высокотемпературный же газ вулкана Нирагонго характеризует, по-видимому, заключительную стадию дегазации континентальной мантии.

Соотношения объемов «активных» газов вулканов Килауэа, Ключевского и Нирагонго — представителей вулканов океана, зоны перехода и

Тип вулканической коры	Состав лав	t, °C	Вулкан	число анализов	H ₂	HF	HCl	CO	CO ₂	CH ₄	SO ₂	H ₂ S
Океаническая	Базальт	1100	Калауза Гавайский (типичный)	12	1,80	—	0,71	1,69	58,4	—	37,40	—
	»	1100		1	3,03	—	0,52	1,93	60,66	—	33,86	—
Переходная от океана к континенту	»	300—830	Ключевской	41	27,25	2,15	22,35	23,00	14,10	—	9,75	—
	»	150—200	Ключевской	6	16,25	—	13,40	14,35	35,30	—	21,00	—
	»	56—100	Ключевской	7	—	—	—	1,9	51,0	—	47,00	—
	»	50—85	Ключевской	12	—	—	—	—	100	—	—	—
	Андезит Дацит	280—360 300—760	Шивелуч Шова-Шинзан	15 9	1,90 17,14	0,21 2,86	16,35 6,89	2,59 —	51,64 70,88	— 0,12	24,26 1,44	3,05 0,65
Континентальная	Базальт	990—1020	Нирагонго	5	1,96	—	—	—	86,30	—	6,53	—

континента, отраженные на рис. 1, хотя и очень характерны, тем не менее не дают четкого представления о пропорциях в составе газов отдельных химических элементов, так как последние могут входить в различные соединения. Наибольший интерес представляет молекулярное соотношение S:C:Cl (рис. 2). Для Килауза оно равно 37:62:1; для Ключевского вулкана—14:52:34 и для Нирагонго — 7:93:0. Из рис. 2 видно, что во всех трех случаях молекулярное количество углерода превышает 50%, для вулкана Килауза характерно высокое содержание серы, а для Ключевского вулкана — хлора.

Далее рассмотрена зависимость между составом вулканических газов и составом силикатных вулканических продуктов. Так как наиболее широкий диапазон последних характерен для островных дуг, для этой цели выбраны вулканы из области перехода от океана к континенту: Ключевской (базальт); Шивелуч (андезит); Шова-Шинзан (кислый дацит). Изменение состава высокотемпературных «активных» газов вул-

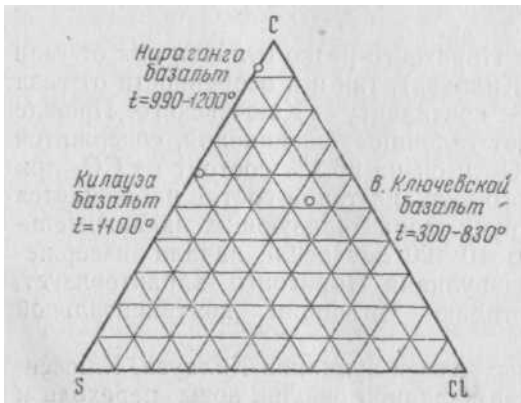


Рис. 2. Процентное соотношение молекулярных количеств Cl, C и S в газах базальтовых вулканов океана, континента и зоны перехода при высоких температурах

зоны перехода и континента, объемные %							Формула газового состава	Примечание
NH ₃	HCl/HF	CO ₂ /SO ₂	CO/H ₂	CO ₂ /H ₂ S	SO ₂ /HCl			
—	—	1,55	0,94	—	53	CO ₂ >SO ₂ >H ₂ >CO>HCl	Shepherd, 1938 Eaton and Murata, 1960	
—	—	1,78	0,63	—	65	CO ₂ >SO ₂ >H ₂ >CO>HCl		
1,40	10,4	1,45	0,85	—	0,43	H ₂ >CO>HCl>CO ₂ >SO ₂ >HF	Через 3—8 лет после извержения Через 20—25 лет после извержения	
—	—	1,68	0,88	—	1,5	CO ₂ >SO ₂ >H ₂ >CO>HCl		
—	—	1,07	—	—	—	CO ₂ >SO ₂ >CO		
—	—	—	—	—	—	CO ₂		
—	77,8	2,1	1,3	17	1,5	CO ₂ >SO ₂ >HCl>H ₂ S>>CO>H ₂ >HF		
0,02	2,4	49	—	110	0,21	CO ₂ >H ₂ >HCl>HF>SO ₂		
—	—	13,2	2,6	—	—	CO ₂ >SO ₂ >H ₂ >CO	M. Chaigneau, H. Tazieff, R. Fabre, 1960	

канов зоны перехода в зависимости от состава лав отражено на рис. 3. Обращает на себя внимание то, что с уменьшением основности лав уменьшается и содержание галоидных газов и увеличивается количество углекислоты.

Как было отмечено выше, такие различия в составе вулканических газов имеются между летучими базальтовых вулканов Камчатки и Гавайских островов. При рассмотрении состава «активных» газов Ключевского вулкана в зависимости от стадии остывания, наблюдается совершенно четкая (и неоднократно уже отмечавшаяся) тенденция уменьшения, а потом и исчезновения в газовых струях с понижением температуры H₂, HCl+HF, CO, увеличение относительного количества SO₂ на средних стадиях остывания и постепенный рост относительного количества CO₂ по мере снижения температуры газов (рис. 4).

Среди рассмотренных проб газов вулканов Килауэа, Нирагонго и Ключевского, газы последнего имели относительно более низкую температуру и были связаны с относительно более кислыми базальтами. Каза-

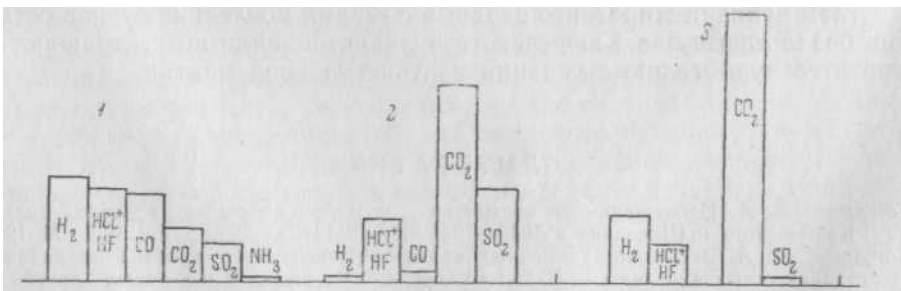


Рис. 3. Изменение состава высокотемпературных «активных» газов вулканов зоны перехода в зависимости от состава лав

1 — базальт; 2 — андезит; 3 — дацит

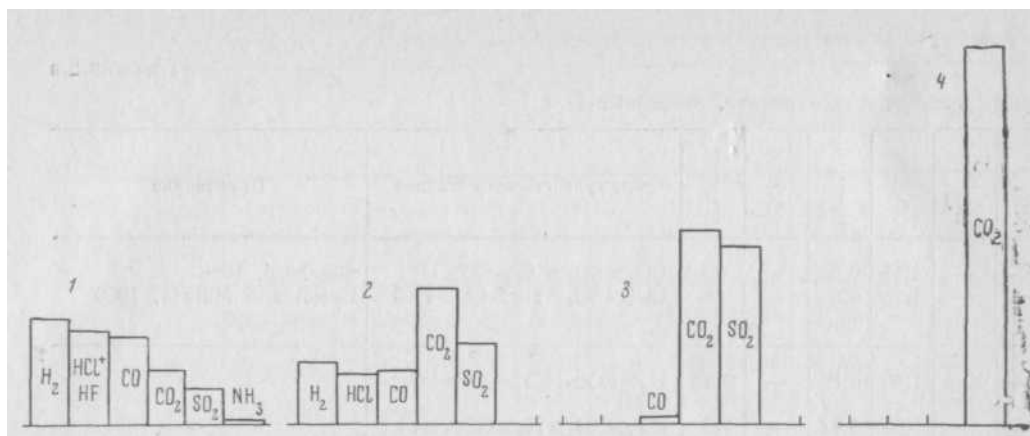


Рис. 4. Изменение состава «активных» газов Ключевского вулкана в зависимости от стадии остывания

Температура: 1 — 300—800°C; 2 — 150—200°C; 3 — 56—100°C; 4 — 50°—81°C

лось бы, что, согласно изменению состава газов в зависимости от основности лав и температуры они должны были додержать наименьшее количество H_2 ; $HCl + HF$; CO (рис. 4). В действительности же отмечается как раз обратная тенденция. Этот факт может быть объяснен тем, что различие в составе газов вулканов Килауэа, Ключевского и Нирагонго обусловлено в первую очередь приуроченностью их к различным основным структурам земной коры, к областям с различным составом и стадией дегазации мантии.

Генетическая классификация вулканических газов должна строиться с учетом всех трех рассмотренных зависимостей: от положения вулкана в структуре земной коры, от силикатного состава магмы и от температуры.

Интересно было бы также изучить зависимость состава вулканических газов в зоне перехода от океана к континенту от глубины сейсмофокальной поверхности, в области которой, согласно последним данным, располагаются источники магмы*.

Таким образом, сравнительный анализ состава газов вулканов Килауэа, Ключевского и Нирагонго приводит к выводу, что:

состав вулканических газов зависит от приуроченности вулканов к главным типам земной коры или, предположительно, от состава и стадии дегазации мантии;

отличия по составу газов вулкана Килауэа, от газов Ключевского позволяют сделать предположение, что первые являются производными относительно более кислой мантии, переживающей начальную стадию дегазации;

газы вулкана Нирагонго сходные с газами последних этапов остывания базальтовых лав Ключевского вулкана, по-видимому, отражают заключительную стадию дегазации континентальной мантии.

ЛИТЕРАТУРА

- Башарина Л. А. Наблюдения за состоянием фумарол побочных кратеров вулканов Ключевского и Шивелуча в 1948—1949 г. — Бюлл. вулканол. ст., 1953, № 19.
 Башарина Л. А. Эксгаляции побочных кратеров Ключевского вулкана на различных стадиях остывания лавы. — В кн.: Вулканизм Камчатки и некоторых других районов СССР. М., Изд-во АН СССР, 1963.

См. статью Е. К. Мархинина и Д. С. Стратулы в настоящем сборнике.

- Мархинин Е. К.* Роль вулканизма в формировании земной коры. М., «Наука», 1967.
- Уайт Д. Е., Уоринг Г. А.* Вулканические эманации. — В кн.: Геохимия современных поствулканических процессов. ИЛ, 1965.
- Eaton I. P. and Murata K. I.* How volcanoes grow. Science, 1960, 132, 925—938.
- Finkayson I. B., Barnes I. L., Naughton I. J.* Developments in Volcanic Gas Research, Hawaii. The Crust and Upper Mantle of the Pacific Area. Washington, 1968.
- Shepherd E. S.* The gases in rocks and related problems. — Am. J. Sci., 1938, 35a.