

УДК 552.11:548.4

ПЕТРОГРАФИЯ

И. Т. БАКУМЕНКО, Н. А. ШУГУРОВА, Э. Н. ЭРЛИХ,
Н. М. ПОПОВА

ГЕНЕЗИС КВАРЦА ИЗ ПЕМЗ ВУЛКАНА ХАНГАР

(Представлено академиком В. С. Соболевым 5 У 1969)

Задачей работы является изучение происхождения обломков и кристаллов кварца из пемз вулкана Хангар (Срединный хребет Камчатки). Проблема состоит в том, что является их источником: извлечен ли кварц при переплавлении гнейсов и гранито-гнейсов основания вулкана, или же он является продуктом дифференциации исходной магмы.

Образованию пемз предшествовал рост андезитового страто-вулкана (среднечетвертичное время) и последующее формирование контрастной серии вулканических пород (экструзивные купола дацитов — липаритов, наряду с потоками базальтов). Пемзовые потоки сформировались на последнем этапе эруптивной деятельности, в связи с мощным взрывом, снесшим вершину вулкана. Длина потоков до 8 км, мощность — несколько десятков метров.

Пористость обломков пемз достигает 40%. Основная масса породы стекловатая с удлинёнными газовыми включениями и отдельными участками микрофельзитовой и тонкоцилотакситовой структуры. 3—7% от объема породы составляют вкрапленники, представленные кристаллами среднего плагиоклаза, кварца, биотита и единичными зернами роговой обманки. В качестве акцессорных и вторичных минералов присутствуют магнетит, ильменит, гематит, рутил, апатит и самородная сера. Состав пемз отвечает дацитам (вес. %):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁻	H ₂ O ⁺	P ₂ O ₅	Σ
67,24	0,42	15,54	1,44	1,60	0,14	1,20	3,25	4,81	2,58	0,18	2,01	0,23	100,64

Вкрапленники плагиоклаза, биотита и роговой обманки, несомненно, являются магматическими. В то же время вопрос о происхождении обломков и кристаллов кварца остается неясным. Он решается нами путем исследования включений в кварце и вкрапленниках других минералов.

Гомогенизация включений проводилась в высокотемпературной модернизированной термокамере, обеспечивающей нагрев до 1550°. Для стабилизации процессов во всех опытах образцы выдерживались в термокамере при высоких температурах по несколько часов. Параллельно изучался газовый состав включений, температура гомогенизации которых была различной. При этом путем объемного ультрамикрхимического газового анализа определялись H₂, CO, O₂, сумма N₂ + редкие газы (р. г.), сумма H₂S + SO₂ + SO₃ + NH₃ + HCl + HF. Абсолютное количество газов определялось по изменению объема газового пузырька после его вскрытия в касторовом масле v₂ (после вскрытия) / v₁ (до вскрытия)).

Во всех вкрапленниках кварца нами были обнаружены только расплавленные и кристаллические включения. По времени захвата они довольно четко разграничиваются на две группы: раннюю, захваченную на ранних стадиях роста кварца, и позднюю.

Ранние включения приурочены лишь к центральным зонам кварца и являются преимущественно первичными включениями, — вторичные среди них встречаются редко. Все типы ранних включений имеют гексагонально-бипирамидальную огранку. Ребра и вершины закруглены. Включения пред-

ставлены полураскристаллизованной стекловатой массой. Она имеет в проходящем свете серую или буроватую окраску и образована кристаллитами, собранными в грозди. Во включениях есть газовые пузырьки двух поколений: один или несколько пузырьков первой генерации и множество мельчайших пузырьков второй генерации, прикрепленных к кристаллитам. Наличие во включениях множества газовых пузырьков не связано с захватом минералом кипящего расплава, так как замеренный нами суммарный относительный объем пузырьков первой генерации в сингенетичных включениях после герметизации включений. Выделение газовых фаз двух поколений во включениях свидетельствует о том, что с момента захвата ранних включений кварц испытал два этапа охлаждения. Расширение каждого из кристаллитов от основания к вершине и наличие прикрепленных к вершинам пузырьков второй генерации свидетельствуют о том, что кристаллиты росли еще в жидкообразном вскипевшем расплаве, уже после его изоляции во включениях.

Поздние включения представлены нераскристаллизованной бесцветной стекловатой массой с одним, реже несколькими газовыми пузырьками одной генерации. Изредка в стекловатой массе встречаются единичные кристаллиты. Первичные поздние включения приурочены к периферическим каймам кристаллов. В единичных кристаллах кварца они присутствуют и в средних зонах. Большинство поздних включений являются вторичными (мнимо-вторичными по Н. П. Ермакову); они широко развиты по более поздним, залеченным стеклом трещинкам даже в зонах с ранними включениями.

Ранние и поздние включения резко различаются по температурам гомогенизации. Для интерпретаций использовались серии сингенетичных включений. Во всех опытах герметичные включения составляли не более 30—40% от общего числа. Задача облегчалась исключительным обилием включений в исследуемых зернах. Большинство ранних первичных включений гомогенизируется при температурах выше 1100° (в основном 1190—1260°); отдельные — при более высокой температуре, но нет уверенности в их герметичности. Количество ранних включений, гомогенизирующихся при более низких температурах (вплоть до 1045—1050°), очень незначительно.

Поздние первичные и вторичные включения гомогенизируются при температурах ниже 1000°, вплоть до 780° (в самых внешних зонах кварца): большинство первичных — при 800—830°, вторичных — при 800—900°. Следовательно, именно при этих температурах наиболее интенсивно осуществлялось растрескивание кварца. Причина растрескивания кристаллов, погруженных в расплав, — резкое охлаждение кристаллизующейся системы. Это согласуется с появлением газовых пузырьков второй генерации в более высокотемпературных включениях.

Стадиям интенсивного захвата первичных включений соответствуют стадии наиболее интенсивного роста кварца. Поэтому можно утверждать, что основная масса кристаллов кварца кристаллизовалась при температурах выше 1200° и лишь внешние каемки — при температурах порядка 800—830°.

Состав и абсолютные количества газов во включениях имеют четкую зависимость от температуры захвата включений (см. рис. 1). Важнейшими газовыми компонентами оказались углекислота, $N_2 + p. г.$ и «кислые газы», определяемые суммой $H_2S + SO_2 + SO_3 + NH_3 + HCl + HF$; H_2 , CO , O_2 и углеводороды обнаружены не были.

Как видно из рис. 1, по мере понижения температуры захвата включений в газовом составе наблюдается увеличение объемного количества углекислоты и уменьшение (вплоть до исчезновения) количества $N_2 + p. г.$ *

* Об отсутствии $N_2 + p. г.$ свидетельствует полное поглощение анализируемого газового пузырька.

В незначительном количестве (в среднем около 5 об.%) присутствуют «кислые газы». Тенденция к увеличению их роли с понижением температуры является очевидной, если учесть, что абсолютное количество газа при температурах ниже 1000° по сравнению с температурами выше 1045° возрастает в 10—20 раз (за счет возрастания давления).

Связь между температурами процессов, составом газовой фазы, растворенной в расплаве, и этапами кристаллизации кварца представляется в следующем виде. В интервале температур 1260—1045° абсолютное количество газов, присутствующих в расплаве, невелико и остается на одном уровне (постоянство v_2/v_1). Относительные же количества газов меняются: сначала преобладает $N_2 + p. g.$, а затем, по мере их ухода и накопления

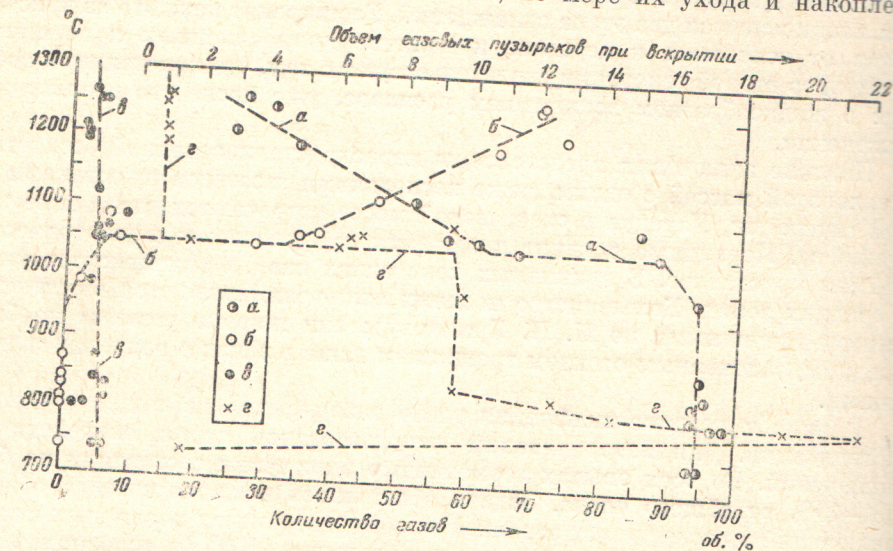


Рис. 1. Зависимость состава и количества газов от температур гомогенизации включений. *a* — объемное количество CO_2 ; *b* — то же $N_2 + p. g.$; *г* — то же «кислых газов» ($H_2S + SO_2 + SO_3 + NH_3 + HCl + HF$); *г* — объем газовых пузырьков при вскрытии включений (v_2/v_1)

углекислоты, начинает преобладать CO_2 . Механизм удаления, пути миграции и дальнейшая судьба $N_2 + p. g.$ пока не совсем ясны.

При температуре порядка 1045°, согласно диаграмме (рис. 1, горизонтальные участки кривых) процесс относительного накопления углекислоты и удаления азота резко усиливается, причем одновременно происходит скачкообразное (в 5—10 раз) увеличение абсолютного количества газов. Примечательно, что этой же температуре соответствует стабилизация условий роста кварца, что приводит к почти полному прекращению захвата первичных включений.

Дальнейшее снижение температуры от 1045 до 840° на диаграмме представлено почти вертикальными отрезками кривых: этому интервалу падения температуры в природных условиях соответствует резкое охлаждение магмы, которое, скорее всего, связано с ее подъемом вверх. По мере охлаждения $N_2 + p. g.$ и группа благородных газов удаляются из расплава полностью при температурах порядка 900—950°. При охлаждении до 840° соотношение между относительными и абсолютными количествами углекислоты и группой «кислых газов» оставалось практически неизменным. На данном температурном этапе, при залечивании трещин, образующихся в связи с резким охлаждением, в кварце обособляется большое количество вторичных включений. Рост кварца практически не происходит.

При температурах ниже 840° одновременно с дальнейшим ростом кварца, сопровождающимся захватом поздних первичных включений, происходит значительное накопление в кристаллизующейся магме углекислоты и

«кислых газов». Об этом свидетельствует возрастание v_2/v_1 с 9,5 до 22 раз. Количество выкристаллизованного на этом этапе кварца невелико.

Наиболее низкотемпературные первичные включения гомогенизируются в разных кристаллах кварца при температурах от 800 до 780° (в одном случае даже до 740°). Затем рост прекращается и, вследствие закалки системы, вмещающий расплав застывает в виде стекловатой основной массы пемз. Этот момент соответствует взрыву, с которым связано излияние пемзовых потоков. Относительный состав газовой фазы, растворенной в расплаве, в момент взрыва не успел заметно измениться. Анализы газовых включений, сохранившихся в стекловатой основной массе пемз, идентичны анализам газов в самых поздних первичных включениях в кварце. На диаграмме эти результаты нанесены при температуре 740°. Резкое понижение величины v_2/v_1 (до 1,6) связано с тем, что газовые пузырьки, образующиеся при вскипании расплава в момент вулканического взрыва, успевают расшириться в еще не совсем застекловавшейся магме (в соответствии с понижающимся внешним давлением).

Во вкрапленниках плаггиоклаза и биотита также содержатся первичные и вторичные расплавные включения. По отдельным гомогенизациям для плаггиоклаза характерны высокотемпературные (1080—1350°) первичные и вторичные расплавные включения с крупными газовыми пузырьками. Относительно более низкотемпературными (с небольшими пузырьками газа) являются лишь вторичные включения. В биотите были встречены только расплавные включения с небольшими газовыми пузырьками.

Наличие в кварце расплавных включений, высокие температуры их гомогенизации, идентичные температуры гомогенизации первичных включений в других минералах-вкрапленниках — все это указывает на магматический генезис обломков и кристаллов кварца в пемзах. Полученные данные свидетельствуют о четкой стабильности процессов магматизма, завершившихся формированием пемз. Выделяются две стадии кристаллизации, резко различающиеся по температурам и газовому режиму. Различия эти предположительно связаны с поступлением расплава из питающего очага в подводящий канал. Выброс пемз происходил при температуре 780—800°.

Институт геологии и геофизики
Сибирского отделения Академии наук СССР
Новосибирск

Поступило
24 IV 1969

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Т. Ю. Маренина, Тр. лаб. вулканол., в. 17 (1959).