

ПОВЕДЕНИЕ КРЕМНЕЗЁМА В МЕСТАХ РАЗГРУЗКИ АКТИВНЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Белоусов В.И., Рычагов С.Н., Белоусова С.П., Филиппов Ю.А.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский

Активные высокотемпературные гидротермальные системы (ВГС), которые являются частью гидротермально-магматических структур земной коры в областях современного вулканизма [1], энергетически обеспеченные магматическими очагами и интрузивными телами, доминируют в процессах миграции флюидов в верхней части земной коры и вызывают конвективный перенос большей части земного тепла к дневной поверхности.

По мере подъёма в водовмещающих комплексах, сложенных преимущественно алюмосиликатными породами, горячие гидротермы взаимодействуют с ними и частично их растворяют (как, например, кремнезём), или, взаимодействуя с магматическими минералами, образуют новые гидротермальные минеральные комплексы, состав которых отражает температурные условия данной системы

Как только поднимающиеся глубинные гидротермы (т.е. потенциально минералообразующие гидротермы) в конвективной системе пересекут кривую кипения, они выделяют пар и газ. В оставшейся части начнётся концентрация не летучих компонентов. Пар и газ (большинство кислые, т.н. CO_2 , H_2S) поднимаются, часто вертикально. Там, где зеркало грунтовых вод располагается низко, как, например, в районах с расчленённым рельефом, пар может выходить в виде кипящих источников, гейзеров и фумарол с $T + 100^\circ\text{C}$.

Если парогазовая смесь конденсируется в грунтовых водах около поверхности, там, где имеется прямой контакт с атмосферным кислородом, H_2S окисляется до H_2SO_4 . Пар будет нагревать грунтовые воды, которые переходят в кислые сульфатные гидротермы, и при вторичном вскипании этих гидротерм из кислых конденсатов дегазирует CO_2 .

Такие гидротермы при выщелачивании вулканических стёкол часто содержат большое количество кремнезёма. Это одна из наиболее важных и наиболее очевидных реакций минерал-флюид в активной высокотемпературной гидротермальной системе. Окремнение здесь проявляется повсеместно в верхних частях этих систем, вследствие быстрого спада температур по мере приближения гидротерм к поверхности и уменьшения растворимости всех кремнистых разновидностей с уменьшением температуры (ниже 330° , рис. 1).

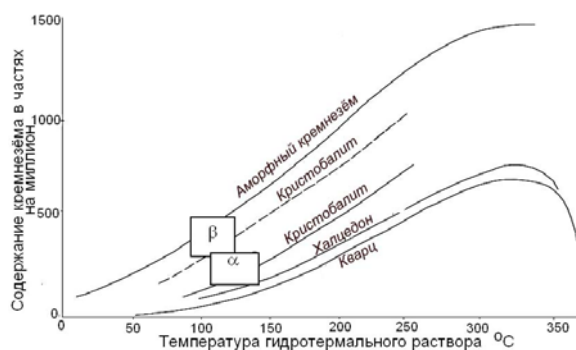


Рис.1. Растворимость некоторых силикатных минералов в воде в зависимости от температуры [2].

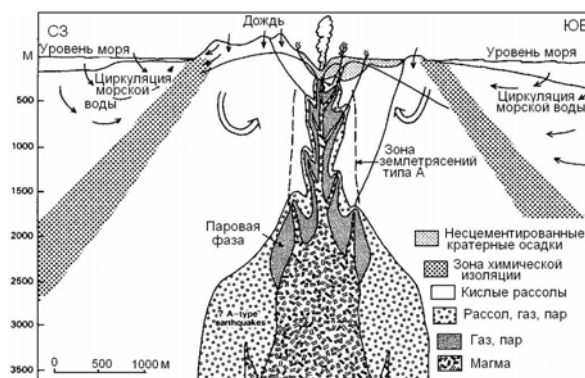


Рис.2. Схематический геологический и гидрогеологический разрез субповерхностной структуры вулкана Остров Уайт, построенный по геологическим, сейсмическим и геохимическим данным [5].

В процессе миграции гидротермы остывают в результате газопарообразования и смешивания с холодными пресными и морскими водами или в результате кондуктивного рассеяния тепла, и недиссоциированная кремневая кислота полимеризуется, коагулирует и осаждается в виде кварца в интервале температур 330°C - 200°C . В интервале 180°C - 200°C наблюдается осаждение кремнезёма в виде кристобалита, а ещё ниже (от 130°C до 140°C) - в аморфном состоянии. До 60% кремнезёма из перенасыщенных растворов в интервале температур 90° - 60°C осаждается в виде гейзеритов. Когда гидротермы попадают на снег или в морскую воду, образуется студнеобразная масса из коагулированного силикагеля. Такие отложения имеют специфическое люминесцентное свечение. При умеренной температуре (в жидкой фазе) аморфный кремнезём переходит в кристобалит, кристобалит - в халцедон.

Если кислые гидротермы нейтрализуются при инфильтрации через вулканогенные породы, то они будут отлагать кремнезём также быстро, как и глубинные хлоридные гидротермы. При высоком содержании кремнезёма в первичной породе (более 55%) этот остаток кремнезёма образует новую породу - опалит. Такой остаточный кремнезём обычен для ВГС, связанных с андезитовым вулканизмом островных дуг. Наблюдается почти полное осаждение кремнезёма в горизонтах прибрежно-морских ВГС (Горячий Пляж – о. Кунашир, Курильская вулканическая островная дуга, Рейкьянес – Исландия) [4].

Взаимодействия отложений кремнезёма с морской воды приводит к самоизоляции гидротермальной системы, что защищает её от избыточных тепловых потерь.

События на острове Уайт в Новой Зеландии в 1976-1991 годах свидетельствуют о сложном прямом взаимодействии между андезитобазальтовой магмой и долгоживущей гидротермальной системой,

связанной с глубинной магматической системой вулкана (рис. 2) [5]. Влияние магния на осаждение кремнезёма из гидротерм высокотемпературных гидротермальных систем, в которых содержание кремнезёма достигает 600 и более мг/кг, является решающим в образовании вулканогенно-кремнистых формаций, слагающих периферийную часть гидротермально-магматических систем на вулканических подводных хребтах, океанических островах и островных дугах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 06-05-64689а) и Президиума ДВО РАН (проекты 06-III-A-08-332, 06-III-B-08-371, 07-III-D-08-091).

1. *Bogie I., Lowless J.V., Rychagov S., Belousov V.* Magmatic-related hydrothermal systems: classification of the types of geothermal systems and their ore mineralization // Geothermal and mineral resources of modern volcanism areas. Petropavlovsk-Kamchatsky: OTTISK, 2005. P. 51-73.

2. *White D.E., Heropoulos C., Fournier R.O.* Gold and other minor elements associated with the hot springs and Geysers of Yellowstone National Park, Wyoming, Supplemented with data from Steamboat Spring, Nevada // U.S. Geol. Sur. Bull. 2001. 1992. P. 19.

3. *Белоусов В.И.* Вторичное минералообразование на Паужетском месторождении термальных вод. В сб.: Геологические и геофизические исследования в вулканических областях. М.: Наука. 1967 С.42-50.

4. *Белоусов В.И., Рычагов С.Н., Фазлуллин С.М., Кузьмин Ю.Д., Исидоров В.А., Белоусова С.П.* Кремнезём в высокотемпературных гидротермальных системах областей современного вулканизма // Экологическая химия, 1998. Т. 7. Вып. 3. Стр. 200-216.

5. *Houghton B.F., Nairn I.A.* Complex interaction between hydrothermal activity and basic andesitic magma, White island volcano, New Zealand 1976-1991, report № 279 Geol. Sur. Japan, abstract 4th symposium "The Behavior of Volatiles in Magma", Tsukuba, Nov. 1991 pp. 80-84