

И. В. Чаплыгин

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии РАН, г. Москва,
ichap@igem.ru*

Геохимия вулканических газов

Задача определения состава вулканических газов возникла, пожалуй, сразу, как только в начале XX века вулканология оформилась как наука, и появилась необходимость научиться отбирать и анализировать газы с температурами от первых десятков вплоть до 1000 °С и более. Когда в 1911 г. была создана вулканологическая обсерватория на Гавайях, исследователи достигли определенных успехов в отборе проб газа [Jaggard, 1940]. Однако большое количество методов отбора и анализа газов с присущими им особенностями и недостатками делало сравнение аналитических результатов крайне трудным. Универсальные методики отбора и анализа вулканических газов были предложены только в конце XX века [Giggenbach, 1975; Никитина и др., 1989]. Эти методики с небольшими вариациями используются по всему миру и в настоящее время. Они позволяют определять макрокомпонентный состав вулканических газов (H₂O, HF, HCl, H₂S, SO₂, CO₂, CO, CH₄, H₂, N₂, O₂, Ar) с удовлетворительной воспроизводимостью, а с небольшими дополнениями – оценивать концентрации в газе и микрокомпонентов (металлов) [Sortino et al., 2006].

Вулканические газы содержат ограниченный набор элементов в виде различных молекулярных соединений. Основные элементы включают водород (H), углерод (C), кислород (O), серу (S), азот (N) и галогены, включая хлор (Cl), фтор (F), бром (Br). Малые элементы включают редкие газы гелий (He), неон (Ne), аргон (Ar), криптон (Kr), и ксенон (Xe). Небольшие количества металлов (Ca, V, Cr, Bi, Zn, Cu, Pb, Au, Re) также обнаруживаются в составе газовых струй.

Водород присутствует, в основном, в виде воды (H₂O), при подчиненном количестве других H-содержащих соединений, таких как молекулярный водород (H₂), метан (CH₄), аммиак (NH₃). Из соединений углерода доминирует углекислый газ (CO₂), а метан (CH₄) и угарный газ (CO) содержатся в меньших количествах. Соединения серы представлены, в основном, диоксидом серы (SO₂) и сероводородом (H₂S) и гораздо меньшими количествами молекулярной серы (S₂) и карбонил-сульфидов (COS). Хлор, фтор и бром присутствуют в виде кислот, при этом хлорид водорода (HCl) преобладает над фторидом (HF) и бромидом (HBr). Азот присутствует, главным образом, в молекулярной форме (N₂) [Delmelle, Stix, 2000]. Металлы, если они присутствуют, переносятся в виде галогенидов, оксигалогенидов, сульфидов или элементарных летучих веществ.

Концентрации металлов в газах можно оценивать, анализируя растворы и осадки барботеров, колб Гиггенбаха или конденсаты вулканических газов. Поскольку конденсаты представляют собой кислые растворы, то соединения металлов охотно переходят в эти растворы. Однако одной из существенных трудностей или ограничений конденсатного метода оценки металлов является то, что конденсат представляет собой жидкость, а вулканические газы – смесь перегретого водяного пара и газов. Таким образом, имеется ограничение, связанное с термостойкостью компонентов системы пробоотбора. Кроме этого, недостатками конденсатного метода следует

признать возможные искажения истинных концентраций элементов, во-первых, в связи с резким охлаждением газа до температур конденсата (как правило, <80 °С) и, во-вторых, по причине открытости системы. В первом случае происходит потеря элементов вследствие осаждения в системе труднолетучих веществ, а во втором – обогащение, т. к. из флякона происходит удаление растворителя – воды. Как правило, эти искажения считаются незначительными, поэтому ими пренебрегают.

Литература

Никитина Л. П., Меняйлов И. А., Шапарь В. Н. Модифицированные методы отбора и анализа вулканических газов // Вулканология и сейсмология. 1989. № 4. С. 3–15.

Delmelle P., Stix J. Volcanic gases / In: Encyclopedia of volcanoes. (Ed. by H. Sigurdsson). Elsevier Science and Technology. 2000. P. 803–815.

Giggenbach W. F. A simple method for the collection and analysis of volcanic gas samples // Bulletin of Volcanology. 1975. Vol. 39. P. 132–145.

Jaggard T. A. Magmatic gases // American Journal of Science. 1940. Vol. 238. P. 313–353.

Sortino F., Nonell A., Toutain J. P., Munoz M., Valladon M., Volpicelli G. A new method for sampling fumarolic gases: Analysis of major, minor and metallic trace elements with ammonia solutions // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2006. Vol. 158. P. 244–256.