

МАГМАТИЧЕСКИЕ И ОСАДОЧНЫЕ ВУЛКАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ:
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ГАЗОВ

Фейзуллаев А.А.

Министерство науки и образования Республики Азербайджан,
Институт геологии и геофизики: fakper@gmail.com

IGNEOUS AND SEDIMENTARY VOLCANIC SYSTEMS: COMPARATIVE ANALYSIS
OF THE ISOTOPIC COMPOSITION OF GASES

Feyzullayev A.A.

Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Institute of Geology and Geophysics: fakper@gmail.com

Keywords: igneous/hydrothermal and sedimentary volcanic systems, gas, isotopic composition, comparative genetic analysis

Summary. The purpose of the study was to assess the nature of the gases of various volcanic systems using known genetic criteria developed by many years of research by a number of scientists around the world. A comprehensive processed and analyses of the collected large amount of literature data and the author's own research results made the following main conclusions:

– the isotope composition (IC) of CO₂ and argon (⁴⁰Ar/³⁶Ar) in igneous volcanoes varies within very narrow limits, in comparison with sedimentary volcanoes. However, the use of these parameters as an unambiguous genetic criterion is not possible;

– more objective genetic indicators are: helium isotope ratio (R/Ra) and IC of hydrocarbon (HC) gases. According to these parameters, the HC gases of the considered volcanic systems have different genetic sources: a) abiogenic in igneous and carbonic sedimentary volcanic systems; b) predominantly abiogenic-biogenic - in the hydrothermal system; c) biogenic - in methane sedimentary volcanoes;

– amount of abiogenic methane in the gas of the igneous volcanic system is about 1% on average.

The results are of interest in connection with the discussion about the genesis of commercial accumulations of HCs in the sedimentary strata of the earth's crust.

© 2023 Earth Science Division, Azerbaijan National Academy of Sciences. All rights reserved.

Введение

Проявления вулканизма представляют собой один из наиболее характерных и важных геологических процессов, имеющих огромное значение в истории развития и формирования земной коры. В мировой практике понятие вулкан долгое время ассоциировалось с эффузивными геологическими образованиями – вулканическими постройками /возвышенностями с кратером на вершине, сформировавшимися при извержениях на поверхность раскалённых и горячих продуктов мантии в газообразном, жидком и твёрдом состоянии. Однако в последние десятилетия к понятию вулкан стали относить и грязевые вулканы, которые более правильно было бы называть осадочными вулканами (ОВ). Зону же сочленения магматического вулканизма с осадочной толщей можно характеризовать как гидротермальная система, или, возможно, как подсистема.

Установлено *сходство* в пространственном распределении магматических и осадочных вулканов: абсолютное большинство обоих типов вулканов приурочено к границам литосферных плит, к зонам их конвергенции и особенно субдукции (Le Pichon et al., 1990 Guliyev, Feyzullayev, 1997; Dimitrov, 2002; Kopf, 2002; Joseph et al., 2011; Menapase, 2017).

Основные *отличительные* особенности магматических и осадочных вулканов заключаются в их: генетической сущности, вещественном составе, свойствах и температуре продуктов их деятельности. Они существенно отличаются друг от друга по составу выносимых на поверхность флюидов.

Целью данной статьи является сравнение природы газов различных вулканических систем. Данная задача была решена на основе сбора, обобщения и анализа большого объема опубликованных дан-

ных по изотопно-геохимическому составу газов магматических и осадочных вулканов различных бассейнов мира, включая результаты многолетних исследований с участием автора. Сравнительный анализ газов вулканов выполнялся с использованием известных генетических критериев, разработанных многолетними исследованиями целого ряда ученых мира (Lorenson and Kvenvolden, 1993; Dai et al., 2008; Prinzhofer, 2013; Isotope Geochemistry, 2014; Jackson et al., 2020 и др.).

Результаты и их обсуждение

Доля метана в газе магматической/гидротермальной системы изменяется от 0.01% до 7.7%, причем почти в 80% случаях содержание его менее 0.2% (рис. 1), составляя в среднем около 1.1%. Это косвенно означает, что масштабы образования метана глубже осадочной толщи незначительны, что генетически подтверждается гистограммой распределения значений ИСУ метана различных вулканических систем (рис. 2).

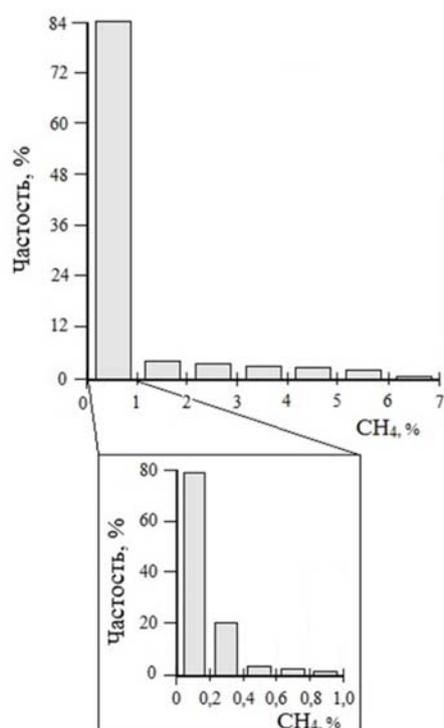


Рис. 1. Гистограммы распределения значений содержания метана в газах магматической/гидротермальной системы

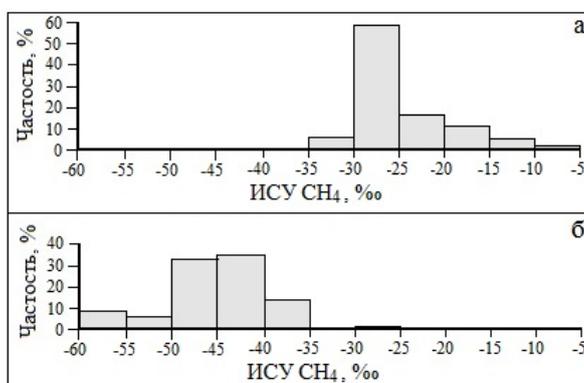


Рис. 2. Гистограммы распределения значений ИСУ метана в газах различных вулканических систем: а - магматической/гидротермальной системы; б - газы осадочных вулканов

Существенная генетическая дифференциация углеводородных (УВ) газов различных вулканических систем наблюдается и при рассмотрении зависимости между ИСУ метана и этана (рис. 3а), а также ИСУ метана и разницей между ИСУ метана и этана (рис. 3б).

Значения ИСУ CO_2 и отношения $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ магматической / гидротермальной системы изменяются в значительно более узких пределах в сравнении с осадочными вулканами. Однако генетическая идентификация различных вулканических систем по этим параметрам неоднозначна в сравнении с ИСУ метана. Важно также отметить, что осадочные вулканы с углекислым газовым составом приурочиваются к полю газов магматической / гидротермальной системы.

Результаты сравнительного анализа ИСУ углеродсодержащих газов и изотопного отношения изотопов гелия ($^3\text{He}/^4\text{He}$) широко используемого, как кратное современному его значению в атмосфере (R/Ra) (Anderson, 2000), показали, что значения R/Ra в осадочных вулканах метана не превышают 1, причем почти в 90% случаев равны менее 0.2 (рис. 4).

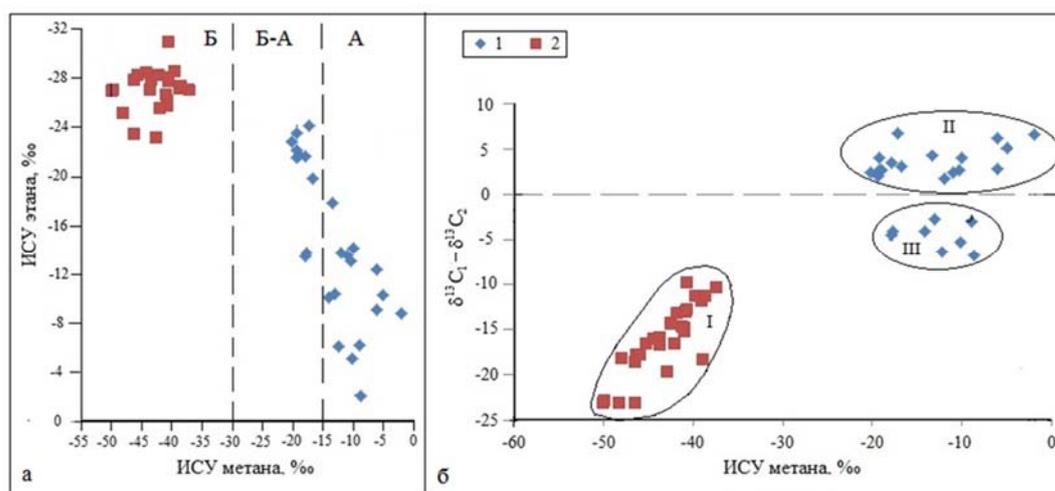


Рис. 3. Графики зависимости между (а): ИСУ метана и этана 1-магматический; 2-осадочные вулканы: А – абиогенные; Б – биогенные; Б-А – биогенно-абиогенные газы; (б) между ИСУ метана и разницей между ИСУ метана и этана: II, III - магматическая/гидротермальная и I - осадочная системы

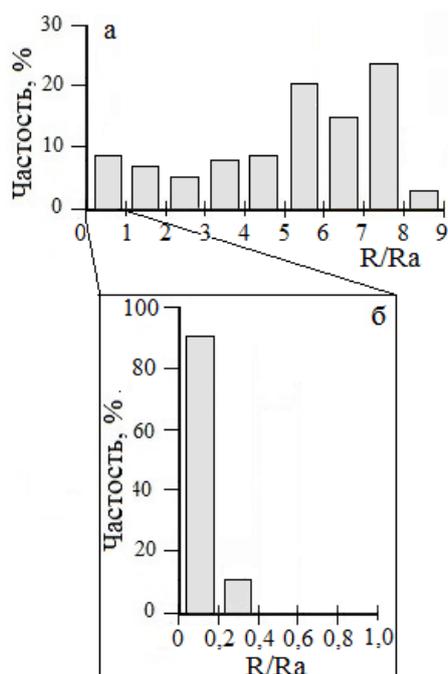


Рис. 4. Гистограммы распределения значений (R/Ra) в газах магматических/гидротермальных систем и осадочных вулканов

Выводы

Выполненный сравнительный анализ изотопно-геохимического состава газов магматической / гидротермальной и осадочной вулканических систем позволяет сделать вывод, что генетический источник УВ газов этих двух вулканических систем имеют различную природу:

а) абиогенную в магматической и осадочной (с углекислым составом газа) вулканических системах;

б) абиогенно-биоогенную – в гидротермальной системе;

в) биоогенную (термогенно-микробиальную) – в осадочных вулканах с метановым составом газа.

Этот вывод с учетом низкого (в среднем около 1%) содержания абиогенного метана в газе магматической/гидротермальной вулканической системы представляет интерес в связи с дискуссией о генезисе промышленных скоплений УВ в осадочной толще земной коры.

ЛИТЕРАТУРА

- Anderson D.L. The statistics and distribution of helium in the mantle. *Int. Geology Rev.*, 42, 2000, pp. 289-311.
- Dai J., Caineng, Zou, Shuichang, Zhang et al. Discrimination of abiogenic and biogenic alkane gases. *Sci. China Earth Sci.*, Vol. 51 (12), 2008, pp. 1737-1749.
- Dimitrov L.I. Mud volcanoes - the most important pathway for degassing deeply buried sediments. *Earth-Sci. Rev.*, Vol. 59, 2002, pp. 49-76.
- Guliyev I.S., Feizullayev A.A. All about Mud Volcanoes. Nafta Press. Baku, Azerbaijan, 1997, 52 pp.
- Isotope Geochemistry (Second Edition). Chapter 12. Noble Gas Geochemistry, 2014, pp. 427-460.
- Jackson R.B., Saunois M., Bousquet P. et al. Increasing anthropogenic methane emissions arise equally from agricultural and fossil fuel sources. *Environ. Res. Lett.*, Vol. 15(7), 2020, pp. 1-7.
- Joseph E.P., Fournier N., Lindsay J.M., Fischer T.P. Gas and water geochemistry of geothermal systems in Dominica, Lesser Antilles island arc. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Vol. 206, 2011, pp. 1-14.
- Kopf A.J. Significance of mud volcanism. *Rev. Geophys.*, Vol. 40, 2002, 1-51.
- Le Pichon X., Foucher J.P., Boulègue J. et al. Mud volcano field seaward of the Barbados accretionary complex: A submersible survey. *J. Geophys. Res. Solid Earth*, Vol. 95 (B6), 1990, pp. 8931-8943.
- Lorenson T.D., Kvenvolden K.A. A comparison of hydrocarbon gases from natural sources in the Northwestern United States. In: Howell, D.G. (Ed.) *The Future of Energy Gases*. U.S. Geological Survey Professional Paper, 1570, 1993, pp. 453-470.
- Menapace W. Mud volcanic episodicity: Subduction zone water budget, long-term monitoring and laboratory case studies. Dissertation. Universität Bremen. 2017.
- Prinzhofer A. Noble Gases in Oil and Gas Accumulations. In: Burnard, P. (eds) *The Noble Gases as Geochemical Tracers*. Advances in Isotope Geochemistry. Springer. Berlin, Heidelberg. 2013, pp. 225-247.

МАГМАТИЧЕСКИЕ И ОСАДОЧНЫЕ ВУЛКАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ГАЗОВ

Фейзуллаев А.А.

Министерство науки и образования Республики Азербайджан, Институт геологии и геофизики: fakper@gmail.com

Резюме. Цель выполненного исследования – оценка природы газов различных вулканических систем с использованием известных генетических критериев, разработанных многолетними исследованиями целого ряда ученых мира. В результате комплексного анализа собранного и обработанного большого объема литературных данных и собственных исследований автора сделаны следующие основные выводы:

– изотопный состав (ИСУ) CO₂ и аргона (⁴⁰Ar/³⁶Ar) в магматических вулканах в сравнении с осадочными вулканами изменяется в очень узких пределах. Тем не менее использование этих параметров в качестве однозначного генетического критерия не представляется возможным.

На основании изотопного отношения гелия (R/Ra) и ИСУ углеводородных (УВ) газов сделано заключение о различии генетических источников УВ газов рассмотренных вулканических систем: а) *абиогенный* – в магматической и углекислой осадочной вулканических системах;

б) преимущественно *абиогенно-биоогенный* – в гидротермальной системе;

в) *биоогенный* – в метановых осадочных вулканах; доля абиогенного метана в газе магматической вулканической системы составляет в среднем около 1%.

Результаты представляют интерес в связи с дискуссией о генезисе промышленных скоплений УВ в осадочной толще земной коры.

Ключевые слова: магматические и осадочные вулканические системы, газ, изотопный состав, сравнительный генетический анализ