

УДК 551.21

Результаты наблюдений за температурой и составом газа фумарол Авачинского вулкана наземными методами в 2013–2018 гг.

Н.А. Малик

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: malik@kscnet.ru

Наиболее близко расположенный к главным городам полуострова Петропавловск-Камчатский (25 км) и Елизово (30 км) Авачинский вулкан при этом является достаточно активным. В историческое время (с 1697 г.) отмечено 14 его извержений. Если учесть, что последнее извержение вулкана в 1991 г. началось без зарегистрированной предваряющей сейсмической активности, а перед извержениями 1938 и 1945 гг. отмечалось усиление фумарольной деятельности, появление новых фумарол, образование провала на дне кратера (в 1937 г.), парогазовые выбросы [3], то наблюдения за изменениями состояния его фумарольных полей и состава газа являются важным дополнительным методом мониторинга и прогноза вулканической активности [4]. Несмотря на это режимным исследованиям фумарол вулкана в последнее время (до 2013 г.) уделялось мало внимания.

Лава последнего извержения в 1991 г. заполнила кратер вулкана, образовав так называемую лавовую "пробку". В 2001 г. в результате слабой эксплозивной активизации вулкана, в "пробке" образовалась большая трещина-разлом, к которой в настоящее время приурочены два высокотемпературных ($>450^{\circ}\text{C}$) фумарольных поля – Западное и Восточное. Во время полевых работ в 2013–18 гг. основное внимание уделялось наблюдениям за состоянием и морфологией этих полей, температурой газа, составом газа и газового конденсата. Низкотемпературные ($\leq 100^{\circ}\text{C}$) газовые выходы и термальные площадки расположены на гребне кратера, контакте лавы 1991 г. со стенками кратера, продолжении разлома 2001 г. на склоны конуса.

Западная фумарола представляет собой выход газа из глубокой трещины на западном склоне конуса (~10 м вниз от кромки кратера), являющейся продолжением разлома 2001 г. в лавовой пробке. До 2015 г. газовая эмиссия происходила в виде интенсивной струи из трещины, просматривавшейся да 10 м вглубь, сопровождаемая сильным аэродинамическим шумом. Зимой 2014–15 гг. в результате обвалов стенок трещина расширилась в верхней части, а выход высокотемпературной струи был завален, газ стал выходить не единой мощной струей, а через отдельные отверстия в обвалившейся породе, измеренная пирометром температура возросла и достигла 700°C , аэродинамический шум исчез (между 2 и 16 сентября). В мае 2016 г. температура Западной фумаролы впервые была измерена термопарой и составила 777°C [1]. Во время последующих обследований в 2016–17 гг. она постепенно возрастала до 818 , 828 и 839°C и оставалась примерно на этом уровне в 2018 г. Описанные изменения в состоянии Западной фумаролы отразились на соотношении расходов газа двух высокотемпературных фумарольных полей Авачинского вулкана, определяемых визуально по высоте подъема газовых струй [5] и площади облака пара на фотографии [7]. Данные видеонаблюдений подтвердили эти изменения в соотношении расходов и позволили определить более точно временной интервал изменений как 11 декабря 2014 г. – 21 января 2015 г. В это же время была отмечена небольшая сейсмическая активизация в постройке вулкана, на глубинах -2 – 2 км [2].

Состав газа изучался в основном на фумаролах *Восточного поля*. Температура режимной фумаролы в 2013–2018 гг. менялась незначительно в пределах $580\pm 45^{\circ}\text{C}$ с тенденцией к понижению. Состав высокотемпературного газа фумаролы Восточного поля соответствует средним составам вулканических газов островных дуг за исключением более низких содержаний HCl и HF. Равновесная температура газа,

рассчитанная по геотермометру Гиггенбаха [6], оказалась близкой к температуре отбора.

Умеренные изменения состава газа в течение периода наблюдений частично коррелируют с его температурой, а также сезоном отбора. Изотопный состав воды газового конденсата режимной fumarолы значительно варьировал от чисто магматического до 50% содержания магматической и метеорной фракции с некоторой зависимостью от сезона отбора пробы и температуры fumarолы. Наиболее "легкие" воды отмечены в пробах конденсата газа, отобранного в теплый сезон года (июль-сентябрь), вероятно, благодаря притоку талых вод через трещины в лавовой пробке.

Выводы

Составы высокотемпературных газов, включая изотопные составы воды, вулкана Авачинский соответствуют средним составам вулканических газов островных дуг. Температура режимной fumarолы Восточного поля в 2013–2018 гг. менялась в пределах $580 \pm 45^\circ\text{C}$. Умеренные изменения ее газового состава и значительные вариации изотопного состава воды частично коррелируют с температурой газа и сезоном отбора. Результаты, полученные для Восточного fumarольного поля: вариации состава газа и температур, являются основой для дальнейшего мониторинга активности вулкана через наблюдение за его fumarольной деятельностью.

Наиболее заметные изменения за 6 лет наблюдений отмечены в западной части кратера вулкана Авачинский. В 2014–2015 гг. глубокий выход газовой струи Западной fumarолы был завален породой обвалившихся стенок, после чего относительный расход газа сократился, а его температура возросла и достигла в 2017 г. максимально измеренного для этого вулкана значения – 839°C .

Автор выражает благодарность к.г.-м.н. В.М. Округину за всестороннюю поддержку работ, В.В. Ящук, А.Н. Биченко, В. Яковенко, К.М. Магуськину, И.И. Свириду, Н.В. Ушакову за помощь в проведении работ на кратере, Л.Н. Гарцевой, В.И. Гусевой, В.В. Дунин-Барковской, А.А. Кузьминой, М.А. Назаровой, С.В. Сергеевой, И.Д. Боярской, Е.О. Дубининой, П.О. Воронину за выполнение химических анализов.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ №17-55-50005 ЯФ_а.

Список литературы

1. *Малик Н.А., Зеленский М.Е., Округин В.М.* Температура и состав газа fumarол вулкана Авачинский (Камчатка) в 2013-2016 гг. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2017. № 1. С. 21–33.
2. *Малик Н.А., Некрасова М.Ю.* Динамика активности fumarол вулкана Авачинский в 2013-2017 гг. по данным режимных и видео наблюдений и ее связь с локальной сейсмичностью // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы научной конференции, посвященной Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2018. С. 64-67.
3. *Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Двигало В.Н., Базанова Л.И.* Исторические извержения Авачинского вулкана на Камчатке (попытка современной интерпретации и классификации для долгосрочного прогноза типа и параметров будущих извержений). Ч. II (1926-1991 гг.) // Вулканология и сейсмология. 1994. № 2. С. 3–23.
4. *Меняйлов И.А.* Зависимость состава вулканических газов от состояния вулканической активности и геохимический прогноз извержения // Бюллетень вулканологических станций. 1976. № 52. С. 42–48.
5. *Федотов С.А.* Оценка выноса тепла и пирокластики вулканическими извержениями и fumarолами по высоте их струй и облаков // Вулканология и сейсмология. 1982. № 4. С. 3–28.
6. *Giggenbach W.F.* Redox processes governing the chemistry of fumarolic gas discharges from White Island, New Zealand // Applied Geochemistry. 1987. Vol. 2. № 2. P. 143–161.
7. *Hochstein M.P., Bromley C.J.* Steam cloud characteristics and heat output of fumaroles // Geothermics. 2001. Vol. 30. P. 547–559.