

Фумаролы Корякского вулкана: состояние и состав газа в 2023 г.

Малик Н.А.

Activity and gas composition of Koryaksky volcano fumaroles in 2023

Malik N.A.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;

e-mail: malik@kscnet.ru

Представлено современное состояние фумарольных площадок Корякского вулкана на его северо-западном склоне в июле 2023 г., а также состав газа фумарол в сравнении с данными 1983 и 1994 гг. Обследование показало, что вулкан находится в стадии пониженной фумарольной активности.

Введение

Корякский вулкан относится к Авачинской группе, представленной рядом вулканов, вытянутым вкост Восточного вулканического пояса Камчатки. Корякский вулкан является стратовулканом, его высота 3456 м н.у.м., сложен породами от базальтов до андезитов [2]. В историческое время отмечены только его слабые фреатические извержения в 1926, 1956-1957, 2008-2009 гг. [3]. Вулкан расположен в 25-30 км от городов Петропавловск-Камчатский и Елизово.

Фумарольная активность Корякского вулкана до извержения 1956-1957 гг. была приурочена преимущественно к его кратеру (мульде). В результате фреатического извержения 1956-1957 гг. на северо-западном склоне вулкана образовалась радиальная трещина на высотах ~2700-3200 м н.у.м., с которой в последующие годы и до настоящего времени связана наиболее активная фумарольная деятельность, сконцентрированная в пределах 2-3 фумарольных площадок [1, 4]. К ним же были приурочены эруптивные жерла извержения 2008-2009 гг.; вынос пепла был связан преимущественно с верхним центром, из нижних происходила парогазовая эмиссия [3].

Представлены результаты обследования и опробования фумарол Корякского вулкана в июле 2023 г., дополненные наблюдениями на фумаролах и результатами аэрофотосъемок прошлых лет.

Описание фумарольных площадок

28 июля 2023 г. были проведены работы на фумаролах, расположенных на северо-западном склоне Корякского вулкана, на высоте около 2900-3000 м н.у.м. (<http://www.kscnet.ru/ivs/media/index.php?/category/181>). Заброска осуществлялась вертолетом на высоту 3000 м с высадкой на краю верхнего жерла извержения 2009 г. (рис. 1а). Размеры жерла в верхней части составляли около 10×15 м, глубже оно сужалось до ~2×4 м и прослеживалось вглубь более чем на 50 м (оценка по времени падения камней). Видимых признаков термальной активности ни в жерле, ни возле него обнаружено не было, запах газов не ощущался. Однако, тот факт, что жерло и канал не зполнились снегом и льдом, говорит о поступлении по нему тепла. В 100 м ниже, на высоте около 2900 м н.у.м., в овраге у гребня находилась единственная (как по наблюдениям с вертолета, так и в процессе наземного обследования) на этот момент фумарольная площадка, представлявшая собой малодобитные выходы газа температурой 94 °С, устья которых были инкрустированы серой (рис. 1б). Примерно в этом же месте, по данным GPS-навигатора и фотоснимкам, находилось нижнее эруптивное жерло в 2008-2009 гг. и основная фумарольная площадка в последующие годы, например, в 2014 г. Максимальная температура ее фумарол в 2014 г., по данным автора, составляла 317 °С (http://www.kscnet.ru/ivs/volcanoes/inform_messages/2014/AvachKor042014/index.html). Из фумаролы с напорным выходом газа были отобраны: 5 проб газа в ампулы Гиггенбаха и барботеры со щелочным поглотителем, пробы конденсата газа, пробы сухого газа (рис. 1б, таблица).



Рис. 1. Термопроявления Корякского вулкана 28.08.2023 г.: а – верхнее жерло извержения 2008-2009 гг., б – нижняя фумарольная площадка, отбор газа.

Описанные термопроявления находятся в пределах кулуара, ограниченного с двух сторон гребнями, прогретыми в пределах высот $\sim 2800-3100$ м н.у.м. Прогревы обнаруживаются по выходам пара с температурой $84-86$ °С, весной – по проталинам. В кратере вулкана в апреле 2022 г. и июле 2023 г. термопроявлений отмечено не было.

Судя по температуре, площади фумарольных площадок и расходу газа, оцененному по высоте и площади проекции парогазовых струй, фумарольная активность вулкана значительно снизилась, как по сравнению с 1962-1963, 1983 и 1994 гг. [1, 4, 6], так и с 2014 г. (данные автора). Ослабление фумарольной активности было отмечено нами при восхождении к фумаролам еще в апреле 2022 г. Судя по фотоматериалам облетов прошлых лет, периоды пониженной фумарольной активности отмечались и ранее, например, в 1991, 2005, мае 2008 гг.

Состав газа фумарол

Пробы газа, отобранные в ампулы Гиггенбаха, содержали незначительное количество воздуха. Содержание кислорода (показатель загрязнения пробы воздухом) в непоглощенных щелочью газах составляло ~ 1.5 %, что в пересчете на общий состав газа равнялось 0.006 ммоль/моль. В пробах, отобранных в барботеры с резиновыми шлангами, эти показатели были больше: соответственно, $5-7$ % и $0.03-0.05$ ммоль/моль. Состав газа был скорректирован с учетом загрязнения воздухом. В таблице представлены среднее значение состава для 5 проб газа фумаролы Корякского вулкана, отобранного в июле 2023 г., и пределы вариаций концентраций компонентов, а также составы газа фумарол в 1983 и 1994 гг. Изменение состава газа Корякского вулкана во времени, а также сравнение с составами газов фумарол разной температуры Авачинского вулкана представлены на рис. 2. Концентрации компонентов в газе Корякского вулкана в 2023 г. находятся в пределах значений для проб 1983 и 1994 гг. (таблица, рис. 2), за исключением более низких содержаний HCl, HF и H_2 , что является следствием понижения температуры. В сравнении с низкотемпературными (93 °С) газами Авачинского вулкана, отобранными в северо-западной части кратерного гребня в 2015-2020 гг., газы Корякского вулкана содержат в $5-10$ раз больше HCl и HF, в 2 раза больше CO_2 , в $2-5$ раз меньше CH_4 (рис. 2).

Равновесная температура для состава газа 2023 г., рассчитанная по серному и углеродному геотермометрам [5], составила, соответственно, 410 и 450 °С. Для проб газа 1983 г. температуры химических и изотопных равновесий были оценены в диапазоне $500-540$ °С [4].

Таблица. Химический состав фумарольных газов Корякского вулкана, ммоль/моль

№	1	2	3	4
Место	НФ	К1 – ВФ	К2 – ВФ	К3 – ВФ
Дата	29.08.2023	20.09.1994	20.09.1994	20.05.1983
T, °C	94	220	220	213
H ₂ O	955 ± 7	982.5	981.1	940.3
CO ₂	39 ± 7	13.5	13	49.7
H ₂ S	1.9 ± 0.1	0.71	1.9	1.8
SO ₂	2.2 ± 0.3	0.63	5	1.5
HCl	0.42 ± 0.09	1.1	1	0.8
HF	0.013 ± 0.006	0.04	0.03	0.03
CO	0.00088 ± 0.0002	0.0002	0.0007	н.п.о.
CH ₄	0.035	0.01	0.03	0.6
H ₂	0.1	0.21	0.36	0.73
N ₂	0.24	1.3	2	1.3
Ar	0.0003	0.014	0.011	0.01
He	0.000039	0.00002	0.00003	0.00018

Примечание. НФ – нижние фумаролы, ВФ – верхние фумаролы. Н.п.о. – ниже порога определения. Концентрации N₂, Ar и He скорректированы с учетом загрязнения воздухом. Пробы № 2-4 – по данным [6].

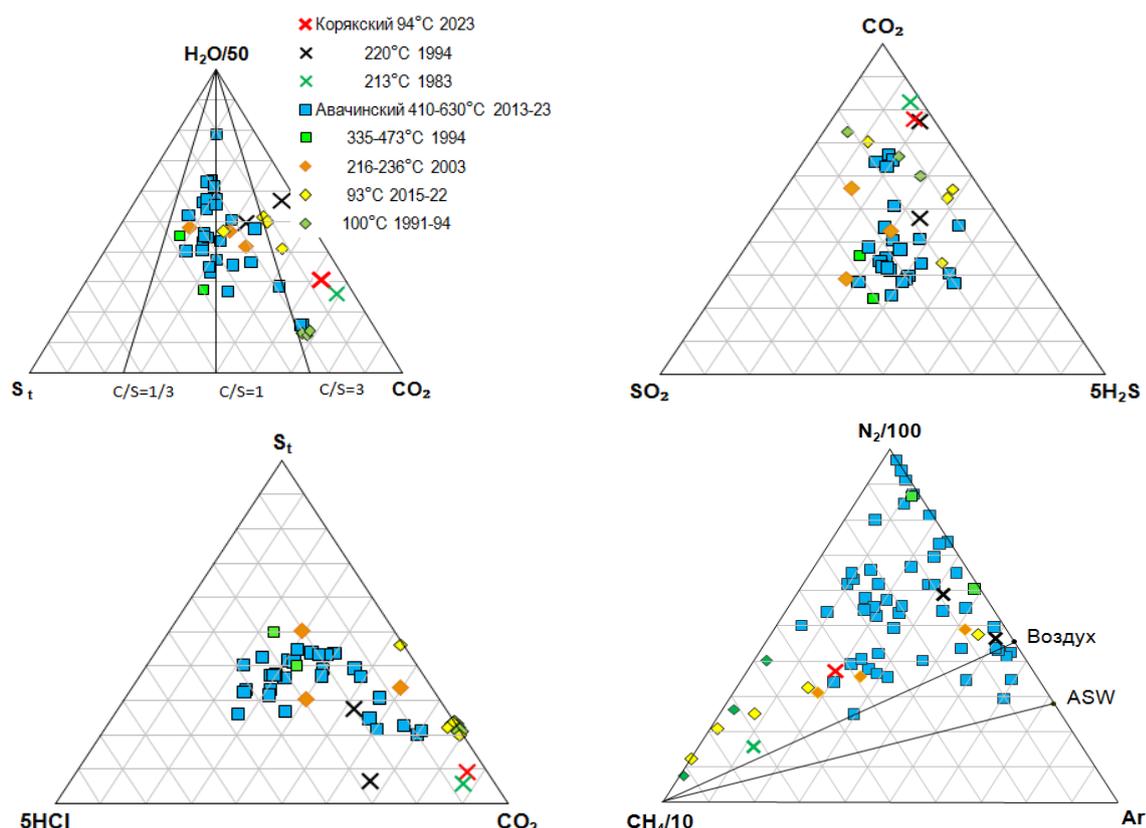


Рис. 2. Относительное содержание компонентов в газах вулканов Корякский и Авачинский. ASW – Air Saturated Water, метеорная вода, насыщенная воздухом. Данные для Корякского вулкана 1983 г. – из работы [4], 1994 г. - [6], Авачинского 1991-1994 гг. – [6], 2003 г. – отбор А.А. Овсянникова и С.В. Ушакова (неопубл.), остальные – данные автора.

Изотопный состав Н (δD) и О ($\delta^{18}O$) воды конденсата газа, отобранного в 2023 г., оказался легче, чем в пробах 1983 и 1994 гг. [6], т.е. ближе к составу метеорных вод, чего следовало ожидать из-за более низкой температуры фумарол. Несмотря на это, расчеты показали, что доля магматической воды в газе фумарол составляет около 60 %. Спустя 40 лет был определен изотопный состав углерода ($\delta^{13}C$) CO₂, который оказался

значительно тяжелее, чем проанализированный в 1983 г. [4], и соответствует изотопному составу углерода CO₂ высокотемпературных газов Авачинского вулкана и MORB. Впервые в истории изучения фумарол Корякского вулкана были получены данные об изотопном составе углерода ($\delta^{13}\text{C}$) метана, которые указывают на его abiогенный генезис. Это не подтверждает предположение, высказанное в [6] о возможном источнике повышенных концентраций метана в газе Корякского и Авачинского вулканов – минеральных метановых водах Авачинской депрессии, метан которых, судя по изотопному составу углерода, имеет термогенное происхождение [7].

Заключение

Вулкан Корякский находится в стадии пониженной фумарольной активности: малодобитные низкотемпературные (94 °C) струи газа имеются только на нижней фумарольной площадке, не считая прогретых (парящих) участков двух гребней, ограничивающих кулуар с фумарольными площадками.

Результаты анализа отобранных проб газа позволили сделать вывод, что состав газа вулкана за 30-40 лет существенно не изменился, за исключением снижения концентраций HCl, HF и H₂, увеличения доли метеорной воды, что связано со снижением температуры фумарол. Были получены данные по $\delta^{13}\text{C}$ -CO₂, существенно отличающиеся от предыдущих (1983 г. [4]), а также первые данные по $\delta^{13}\text{C}$ -CH₄, отвечающие abiогенному генезису метана, в фумарольном газе Корякского вулкана.

Исследование выполнено за счет средств гранта РФФИ № 23-27-00156 (<https://rscf.ru/project/23-27-00156/>). Автор выражает благодарность Е.О. Дубининой (ИГЕМ РАН) за определение изотопного состава воды конденсата газа, Б.Г. Покровскому (ГИН РАН) за определение изотопного состава углерода CO₂ и CH₄ в газе методом масс-спектрометрии, сотрудникам КФ ФИЦ ЕГС РАН: И.Д. Лукашевской за выполнение анализов газа методом газовой хроматографии и А.Н. Биченко за помощь в проведении полевых работ, сотрудникам ИВиС ДВО РАН: М.А. Назаровой (Аналитический центр) за выполнение анализов поглощенных в щелочи газов методами классического химического анализа, Ю.А. Тарану за плодотворное обсуждение предстоящих работ и полученных результатов, А.В. Сокоренко за помощь в подборе и анализе фотоматериалов, Н.В. Горбач за данные о местоположении эруптивных центров в 2009 г.

Список литературы

1. *Кирсанов И.Т., Медведева Г.Г., Серафимова Е.К.* Фумарольная деятельность Авачинского и Корякского вулканов // Бюллетень вулканологических станций. 1964. № 38. С. 3-32.
2. *Масуренков Ю.П., Пузанков М.Ю., Егорова И.А.* Вулкан Корякский // Действующие вулканы Камчатки. Т. 2. М.: Наука, 1991. С. 230-240.
3. *Мелекесцев И.В., Карташева Е.В., Кирсанова Т.П., Кузьмина А.А.* Загрязненная свежевывавшей тефрой вода как фактор природной опасности (на примере извержения вулкана Корякский, Камчатка, в 2008-2009 гг.) // Вулканология и сейсмология. 2011. № 1. С. 19-32.
4. *Таран Ю.А.* Фумарольная активность Корякского вулкана в 1983 г. // Вулканология и сейсмология. 1985. № 3. С. 82-84.
5. *Giggenbach W.F.* Chemical composition of volcanic gases. In: Scarpa R., Tilling R.I. (Eds.), *Monitoring and Mitigation of Volcano Hazards*. Springer Verlag, Berlin, 1996. P. 221-256.
6. *Taran Y.A., Cornor C.B., Shapar V.N. et al.* Fumarolic activity of Avachinsky and Koryaksky volcanoes, Kamchatka, from 1993 to 1994 // *Bulletin of Volcanology*. 1997. V. 58. № 8. P. 441-448. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2008.11.020>
7. *Taran Y.A., Ryabinin G.V., Pokrovsky B.G. et al.* Methane-rich thermal and mineral waters of the Avachinsky Depression, Kamchatka // *Applied Geochemistry*. 2022. V. 145. Art. 105414. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2022.105414>