

УДК 551.21

**СОСТОЯНИЕ ВУЛКАНА ЭБЕКО В 2009 Г. (О. ПАРАМУШИР,
КУРИЛЬСКИЕ О-ВА)****Котенко Т.А., Котенко Л.В., Сандимирова Е.И., Шапарь В.Н., Тимофеева И.Ф.***Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,**Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: kotenko@sakhalin.ru***Аннотация**

Приводятся сведения о слабом фреатическом извержении вулкана Эбеко на о. Парамушир, которое длилось с 29 января по 18 июня 2009 г. Центр извержения находился в Активной воронке Северного кратера. Изверженные продукты представлены резургентными пеплами. Дана оценка состояния вулкана после извержения на основе данных о мощности тепловой разгрузки, составе и температуре фумарольных газов.

Введение

В 2009 г. после 18 лет покоя произошло очередное извержение вулкана Эбеко. Это действующий андезитовый вулкан ($50^{\circ} 41'$ с.ш., $156^{\circ} 01'$ в.д., абс. высота вершины 1156 м), в 6 км от которого расположен г. Северо-Курильск. Извержению предшествовали: изменение состава фумарольных газов, увеличение их расхода и рост температуры, возникновение мощного фумарольного поля и термального озера в Активной воронке Северного кратера, резкие колебания уровня озера и его исчезновение в 2007 г., гидротермальные взрывы в Активной Воронке и в русле руч. Лагерный. Изменения в состоянии в. Эбеко в период 2003–2006 гг. позволили сделать предположение о подготовке к извержению [2]. Во время извержений в. Эбеко городу Северо-Курильск могут угрожать: выпадение тефры, сход лахаров, отравление атмосферы и питьевых и речных вод токсичными веществами [4, 6]. Последняя опасность существует и во время усиления фумарольной деятельности [2].

Извержение вулкана Эбеко 29.01–18.06.2009 г.

Извержение началось 29 января 2009 г.: в 20 час местного времени было отмечено выпадение пепла в г. Северо-Курильск. Светло-серый тонкий пепел был замечен только на металлических горизонтальных поверхностях (капотах снегоходов и автомобилей). 29 и 30 января вулкан был закрыт облачностью. 31 января при улучшении погоды стал наблюдаться парогазовый шлейф с примесью пепла, ориентированный на ВСВ, высотой 250–300 м над кратером, длиной около 20 км. Осмотреть кратер удалось 1 февраля: извержение происходило из жерла диаметром около 2 м в восточной стенке Активной воронки Северного кратера, расположенного на 26 м выше уровня дна (рис. 1). Жерло выработано на месте прежнего выхода мощной фумаролы. С 1 февраля характер активности изменился: стало наблюдаться постоянное истечение газо-пепловой смеси с малым содержанием пепла на высоту до 300–1000 м над кратером и периодическое усиление активности, выражающееся в резком увеличении в струе содержания пепла и увеличении ее дебита. Высота выбросов составляла 0.5–3.7 км над кратером. Эксплозии следовали одиночно или сериями. Серии состояли из 2–5 событий, каждое продолжительностью от 1 до 14 минут. Во время наиболее сильных пепловых выбросов низкий гул и дрожание почвы ощущались на рас-

стоянии до 1 км от кратера. По данным сейсмостанции Северо-Курильск только самые сильные события сопровождались слабыми поверхностными землетрясениями с периодом 0.5–1.0 сек продолжительностью от 4.5 до 10 секунд. Со второй половины апреля количество пепло-газовых выбросов увеличилось от 4–8 до 8–15 в сутки. Продолжительность одного пеплового выброса составляла от 1–2 минут до 30. В результате формировались пепловые колонны (при слабом ветре) (рис. 2а, 2б) или шлейфы длиной обычно от 4 до 10–12 км (рис. 2в), максимум до 30 км. Эксплозивный материал за пределами кратера был представлен тонкими пеплами. В пределах Северного кратера (на расстоянии до 300 м от жерла) происходил штучный выброс более крупного обломочного материала, сорванного со стенок жерла вырывающейся газо-пепловой струей (отдельные обломки весом до 200 г). Скорость истечения паро-газовых струй из жерла составляла 8–10 м/с, скорость пепло-газовых струй увеличивалась до 10–12 м/с, при наиболее сильных выбросах максимальная скорость струи достигала 46 м/с, при этом чем выше была скорость выброса, тем меньше угол наклона струи к горизонту (рис. 3). Угол наклона определялся структурой эруптивного жерла, которое представляло собой субгоризонтальную штольную почти прямоугольной формы размером 2.5×3.5 м, уходящую под углом около 15° на ЮЮЗ под осевую линию кратеров. Характер извержения и периодичность выбросов сохранялись до начала июня, после чего количество пепловых выбросов сократилось до 2–3 в сутки. Последние пепловые шлейфы были отмечены 18 июня.

Во время извержения фоновый тепловой поток Активной воронки составлял в среднем 83 МВт, увеличиваясь во время пепло-газовых выбросов до ~330 МВт. Оценка тепловой мощности проводилась по высоте парогазовых выбросов и скорости ветра на уровне кратера (при штиле) или на высоте средней линии шлейфа [8], а также по термодинамическим характеристикам: расходу пара и газов, рассчитанному по диаметру эруптивного жерла, температуре выходящих газов и скорости струи. Температура газов эруптивного жерла была определена расчетным методом [1] с учетом измеренных в кратере температуры воздуха и влажности и оценена в 400–450°C. Скорость выбросов из жерла определялась по видеосъемке с бровки кратера. Линейные размеры кратера взяты с топографиче-

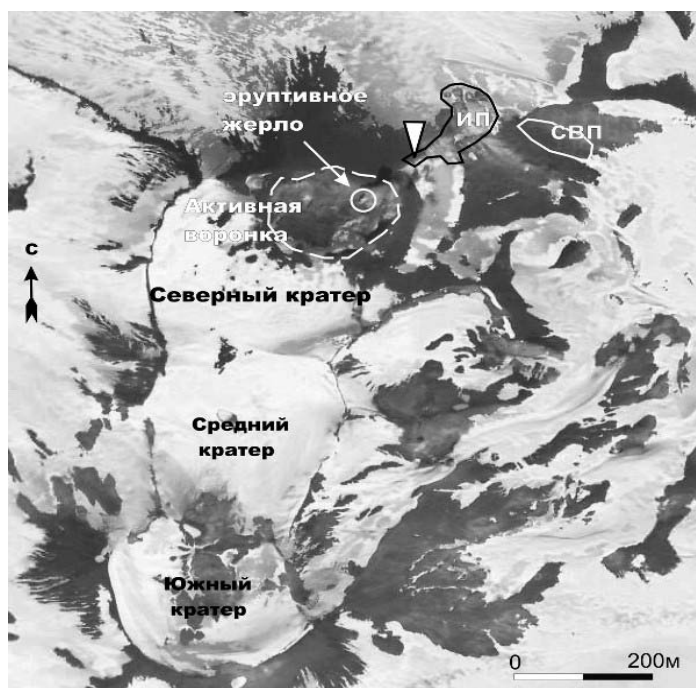


Рис. 1. Вулкана Эбеко (вид из космоса) в мае 2009 г. ИП – Июльское фумарольное поле (треугольник – ближайшая к активному кратеру точка отбора фумарольных газов), СВП – Северо-Восточное фумарольное поле.

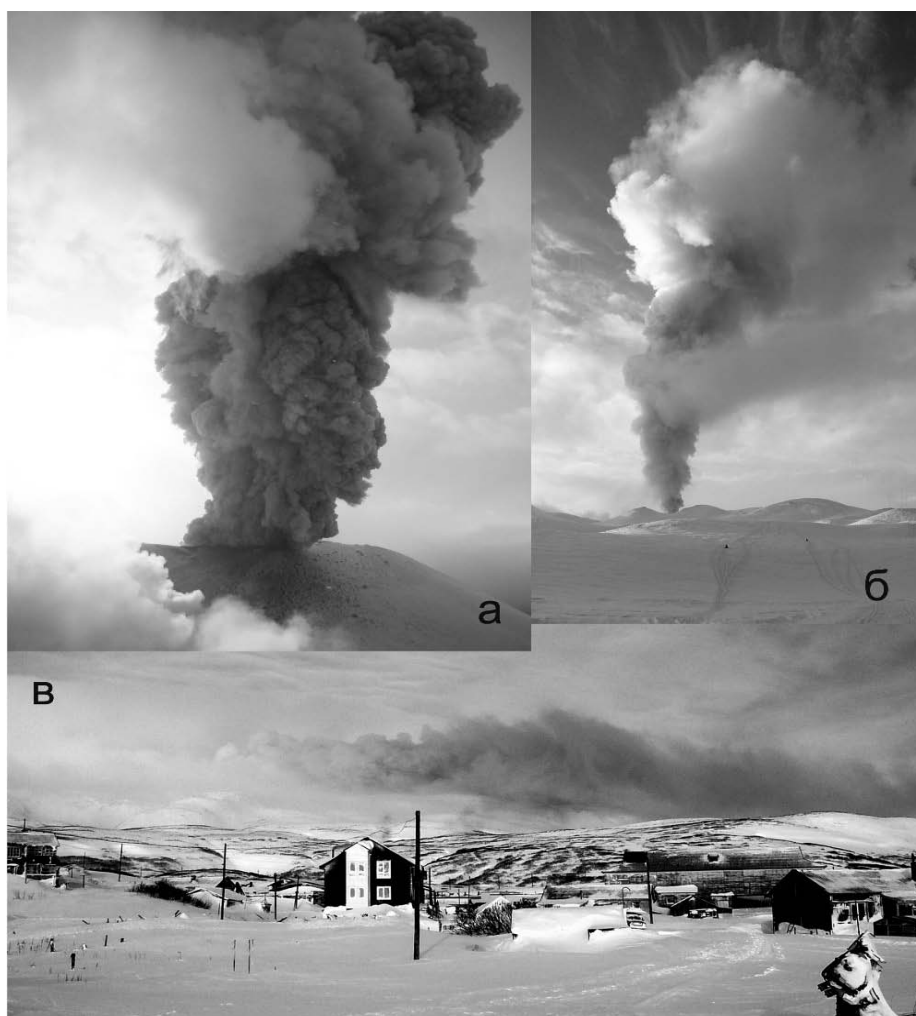


Рис. 2. Эруптивная деятельность в. Эбеко в 2009 г.: а) и б) – 7 февраля, в) – 11 февраля. Фото Л. Котенко.

ской карты масштаба 1:5000, составленной В.Н. Двигало по результатам комплексных аэрофотогеодезических работ в 1988–1990 гг.

Объем и распространение продуктов извержения. За время извержения было вынесено ~ 19 тыс. т пеплов. Расчет сделан по измерениям количества выпавшей тефры после пеплопадов в шурфах по четырем профилям протяженностью до 8 км на юго-восток, восток, северо-восток и север от вулкана (преобладающие направления выноса эруптивного материала). Для других направлений была сделана интерполяция с учетом розы ветров за время извержения. Общая нагрузка за весь период извержения на территории города составила 0.6 г/м^2 . После окончания извержения большая часть пеплов вынесена в море при таянии снежного покрова и дождями. Изменение морфологии коснулось только Активной Воронки: глубина дна уменьшилась в среднем на 7 м за счет отложений тефры и осыпей (рис. 4), на бровке кратера и в верхней части конуса толщина пепловых отложений не превышает 10–12 см. Тонкие линзы пепла толщиной в среднем 1–2 см сохранились во всех направлениях от кратера на расстоянии не более 3 км.

Вынос вулканических газов активным кратером во время извержения в среднем составлял 4600 т/сутки. По составу газов фумарол Июльского фумарольного поля, наиболее



Рис. 3. Пепловый выброс 25.04.2009 г. Фото Л. Котенко.

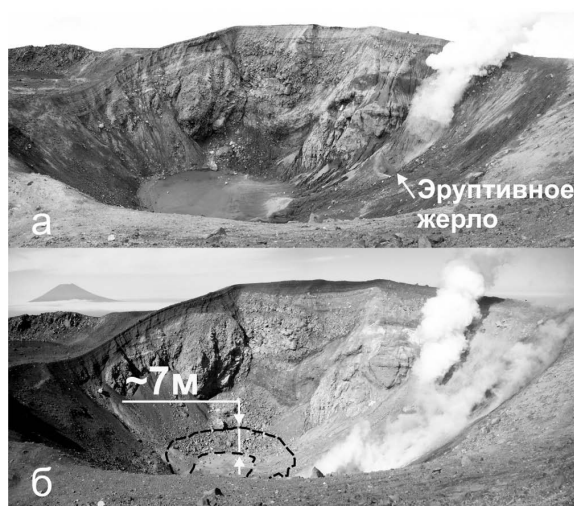


Рис. 4. Состояние Активной Воронки: а) 5.09.2009 г., б) 16.09.2008 г. Пунктиром показана толщина пепловых и обвальных отложений на дне кратера после извержения. Фото Л. Котенко.

близкого к эруптивным газам извержений 1967 и 1987–1991 гг. [6], и высоте подъема парогазовых облаков по формуле Федотова (1982) был рассчитан вынос летучих активным кратером. Из эруптивного жерла выбрасывалось в среднем (т/сут): H_2O – 4434, CO_2 – 128, SO_2 – 43, HCl – 14, H_2S – 8. Мощность фумарольной деятельности других термальных полей во время извержения оставалась неизменной.

Вещественный состав тефры. Тефра извержения для изучения вещественного состава была отобрана на расстоянии 6–7 км к северо-востоку от вулкана (свежевыпавший пепел вместе со снегом мощностью 6 см с площади 2 м^2 а также с восточной стороны Северного кратера на 7 м ниже его кромки (слой чистой тефры мощностью 6 см). Гранулометрический состав тефры определялся стандартным ситовым методом (табл. 1). Почти 80% тефры имеет размер частиц менее 0.25 мм, то есть относится к вулканическим пеплам. Согласно классификации [3] по крупности материала выпавший пепел состоит из песка, алеврита и пелита. По химическому и минеральному составу тефра относится к дацитам, наиболее кислая разность – к дацитам (табл. 2). Чем дальше от вулкана, тем более кислый состав имеет пепел. Тефра извержения 2009 г. по вещественному составу близка к тефре предыдущих извержений и представлена резургентным материалом, по химическому составу она ближе всего к наиболее кислым разностям извержения 1989 г. [4].

Состояние вулкана в постэруптивный период

После окончания извержения вулкан Эбеко продолжает находиться в стадии высокой фумарольной активности. Тепловой поток активного кратера составляет 250–300 МВт. Состояние других термальных полей стабильно, исключение составляет фумарольное поле Июльское: его мощность

СОСТОЯНИЕ ВУЛКАНА ЭБЕКО В 2009 Г. (О. ПАРАМУШИР, КУРИЛЬСКИЕ О-ВА)

Таблица 1. Гранулометрический состав тефры вулкана Эбеко, %.

№ пробы	Дата отбора	Фракции, мм						
		<0.063	0.063 – 0.125	0.125 – 0.25	0.25 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	2.0 – 5.0
Э - 1	31.01.09 г.	87.26	10.58	1.92	0.25			
Э - 2	11.02.09 г.	89.74	7.75	2.22	0.28			
Э - 3	18.03.09 г.	43.33	32.42	14.13	8.31	1.32	0.16	0.34

Таблица 2. Химический состав тефры вулкана Эбеко (январь-март 2009 года), вес. %.

%	Э-1/2009	Э-2/2009	Э-3/2009
SiO ₂	68.60	64.80	63.40
TiO ₂	0.66	0.63	0.69
Al ₂ O ₃	15.00	15.80	14.90
FeO _{общ.}	6.75	6.93	7.23
MnO	0.08	0.10	0.14
CaO	3.51	5.27	5.68
MgO	1.13	1.53	2.04
Na ₂ O	1.87	2.58	2.53
K ₂ O	1.66	1.88	2.02
P ₂ O ₅	0.14	0.13	0.17
ппп	0.30	0.20	0.62
Сумма	99.70	99.85	99.42
S %	0.50	0.35	0.42
F %	0.03	0.03	0.03

Примечание: Анализы выполнены в аналитическом центре Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН с помощью рентгенофлюоресцентного спектрометра «S4 PIONEER». Аналитики: А.О. Садовникова, Н.И. Чеброва, В.М. Рагулина.

Таблица 3. Изменение прогностических отношений компонентов fumarольных газов в Эбеко.

Дата отбора	Прогностические отношения			
	S/Cl	H ₂ S/SO ₂	CO ₂ /H ₂ O	S/C
апрель 2009 г.	2.37	0.43	0.012	0.32
июль 2009 г.	21.14	0.24	0.015	0.35

Таблица 4. Вынос основных компонентов в составе fumarольных и эруптивных газов всеми термальными полями вулкана Эбеко (т/сут).

Компонент	1983–85 гг.	2002 г.	2005 г.	Февраль-июнь 2009 г.	Июль 2009 г.
H ₂ O	1804.5	860	7593	6767	7198
CO ₂	79	36	448	219	279
SO ₂	9.5	4	896	58.2	97.5
HCl	4	2	418	19.4	6.1
H ₂ S	3.8	2	37	13	79.4
SO ₂ + HCl + H ₂ S	17.3	8	1351	90.6	183

Примечание: 1983-85 гг. по [7].

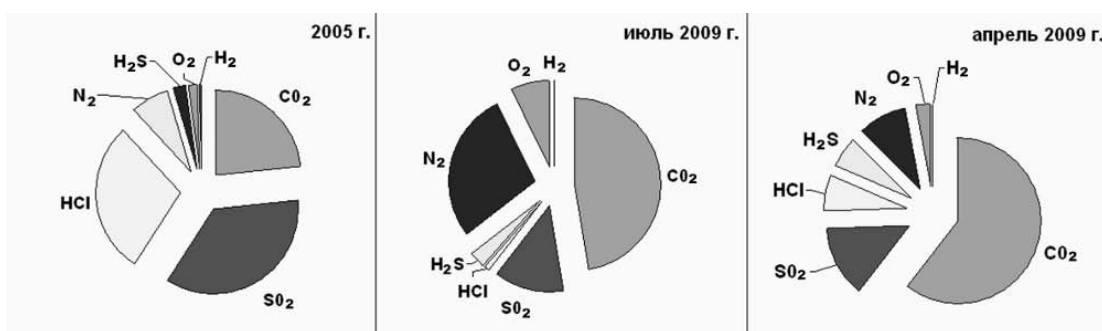


Рис. 5. Относительное содержание основных компонентов фумарольных газов (без H_2O) поля Июльское, мол. %.

незначительно ослабла. Эмиссия газов уменьшилась с 7200 т/сутки (2005–2008 гг.) до ~53 т/сутки. После окончания извержения были отобраны и проанализированы газы фумарол этого поля: в их составе сохраняется значительное содержание кислых компонентов (рис. 5). Для рассчитанных отношений компонентов газовой смеси отмечается рост S/Cl , S/C и CO_2/H_2O (табл. 3). Температура парогазовых струй поля Июльское составляет 100–110°C, газов эруптивного жерла в Активной Воронке – 400–450°C, парогазовых струй Северо-Восточного поля – 90–110°C. Температура газов на других фумарольных полях находится в пределах 125–160°C. Изменение содержания основных компонентов парогазовой смеси показано на рис. 6: отмечается некоторое уменьшение в составе CO_2 , SO_2 , HCl , H_2S , CH_4 , значительное – H_2 , рост азота и аргона.

Заключение

Очередное эксплозивное извержение вулкана Эбеко длилось с 29 января по 18 июня 2009 г. Извержение было фреатическим – весь выброшенный материал представлен тонкими резургентными пеплами, слабым – объем вынесенных пеплов составил ~ 20 тыс. м³. Извержение может быть отнесено к вулканскому типу, вулканический эксплозивный индекс [9] VEI 2. В ходе извержения не наблюдалось резких изменений его мощности, кроме некоторого спада в последние две недели.

Пепловая нагрузка за весь период извержения на территории города была невелика и не представляла опасности для строений. Малое количество пепла, даже при значительном снегонакоплении, исключило угрозу возникновения лахаров. Опасность отравления токсичными газами атмосферы во время извержения снизилась по сравнению с предыду-

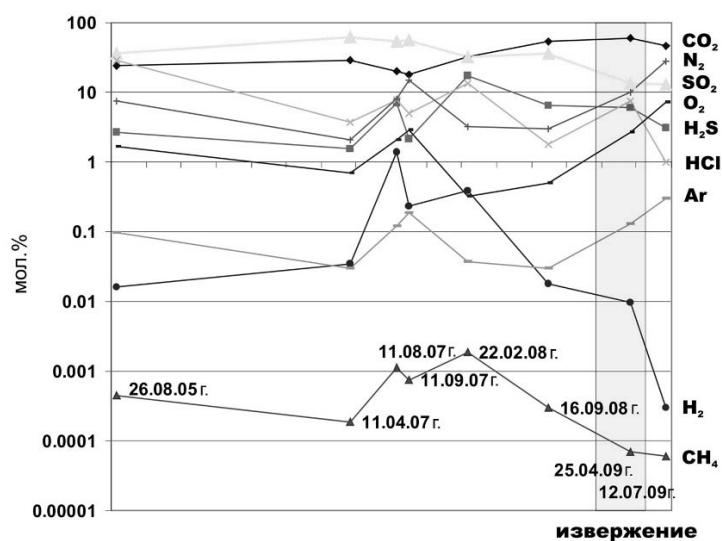


Рис. 6. Изменение компонентного состава фумарольных газов (поле Июльское).

щим периодом активизации фумарольной деятельности (2005–2008 гг.), так как при сохранении высокого значения общего количества выносимых пара и газов (табл. 4) произошло изменение компонентного состава газовой смеси: уменьшение относительного содержания токсичных составляющих (рис. 5). Однако общая сумма токсичных газов, попадающих в атмосферу, намного превышала обычный уровень для межэруптивного состояния вулкана (более чем в 5 раз). Ситуация сохранилась и после окончания извержения (табл. 4): межэруптивный уровень превышен более чем в 10 раз.

Предположительно, вулкан находится в постэруптивном состоянии [5], но нельзя исключить вероятность второго извержения, так как сохраняется без ослабления высокая фумарольная активность, высокая температура газов, поступающих из эруптивного жерла, отмечен рост прогностических отношений состава фумарольных газов.

Авторы признательны С.Н. Рычагову за всестороннюю помощь. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 09–05–00022а).

Список литературы

1. *Иванов В.В.* Об облаках парогазовых извержений и фумарол // Вулканология и сейсмология. 1988. № 4. с. 37–50.
2. *Котенко Т.А., Котенко Л.В., Шапарь В.Н.* Активизация вулкана Эбеко в 2005–2006 гг. (остров Парамушир, Северные Курильские острова) // Вулканология и сейсмология. 2007. № 5. с. 1–11.
3. *Малеев Е.Ф., Петрова М.А., Фролов В.Т. и др.* Классификация и номенклатура вулканогенных обломочных пород // Классификация и номенклатура магматических горных пород, М: Недра. 1981. 160 с.
4. *Мелекесцев И.В., Двигало В.Н., Кирьянов В.Ю. и др.* Вулкан Эбеко (Курильские о-ва): история эруптивной активности и будущая вулканическая опасность. Ч. 2 // Вулканология и сейсмология. 1993. № 4. с. 24–41.
5. *Меняйлов И.А.* Зависимость состава вулканических газов от состояния вулканической активности и геохимический прогноз извержений // Бюл. вулканол. станций. 1976. № 52. с. 42–48.
6. *Меняйлов И.А., Никитина Л.П., Будников В.А.* Активность вулкана Эбеко в 1987–1991 гг.; характер извержений, особенности их продуктов, опасность для г. Северо-Курильск // Вулканология и сейсмология. 1992. № 5–6. с. 21–33.
7. *Меняйлов И.А., Никитина Л.П., Шапарь В.Н.* Особенности химического и изотопного состава фумарольных газов в межэруптивный период деятельности вулкана Эбеко // Вулканология и сейсмология. 1988. № 4. с. 21–36.
8. *Федотов С.А.* Оценки выноса тепла и пирокластики вулканическими извержениями и фумаролами по высоте их струй и облаков // Вулканология и сейсмология. 1982. № 4. с. 3–28.
9. *Newhall C. and Self S.* The volcanic explosivity index (VEI): an estimate of the explosive magnitude for historical volcanism // J. Geophys. Res. 1982. V. 87. P. 1231–1238.