ВУЛКАНОЛОГИЯ И СЕЙСМОЛОГИЯ, 2007, № 5, с. 3–13

УДК-551.21

# АКТИВИЗАЦИЯ ВУЛКАНА ЭБЕКО В 2005–2006 гг. (ОСТРОВ ПАРАМУШИР, СЕВЕРНЫЕ КУРИЛЬСКИЕ О-ВА)

© 2007 г. Т. А. Котенко, Л. В. Котенко, В. Н. Шапарь

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006*

Поступила в редакцию 22.12.2006 г.

В последние годы поверхностная газо-гидротермальная деятельность в. Эбеко характеризовалась постоянством теплового потока и химического состава вод и фумарольных газов. Активность вулкана неожиданно усилилась 27 января 2005 г. Две мощные парогазовые струи диаметром 5 м образовались в Активной воронке Северного кратера. В июле 2005 г. в нем возникло новое мощное высокотемпературное фумарольное поле. Отмечено изменение в химическом составе фумарольных газов. Для них сделаны расчеты отношений отдельных компонент, являющихся для вулкана геохимическими предвестниками извержений. На основе полученных результатов и самого факта усиления фумарольной деятельности вулкана Эбеко дается среднесрочный прогноз его эксплозивного извержения. Описано загрязнение атмосферы одним из токсичных газов (сероводородом). Ранее считалось, что из-за частых сильных ветров токсичные газы представляют лишь кратковременную угрозу населению г. Северо-Курильск. Показано, что при наличии снежного покрова в периоды повышения активности вулкана Эбеко опасность отравления токсичными газами резко возрастает и имеет постоянный характер как на самом вулкане, так и в районе г. Северо-Курильск.

## ВВЕДЕНИЕ

Вулкан Эбеко находится в северной части хребта Вернадского о. Парамушир (Курильские о-ва) в 6 км от г. Северо-Курильск. Он представляет собой типичный пример действующего андезитового вулкана, характеризующегося фреатическими и фреато-магматическими извержениями. Дочетвертичный фундамент вулкана образован вулканогенно-осадочными породами парамуширского комплекса свит, с которыми связаны (или которые прорывают их) силлы, дайки, субвулканические образования различной формы [2, 5, 16]. Возраст наиболее древних из вскрытых пород относится к верхнемиоцен-плиоцену. Они представлены слоистыми вулканомиктовыми песчаниками, туфами, туфогравелитами, туфоалевролитами (охотская свита). Мощность отложений оценивается от 1400 до 3000 м [2]. На вулканогенно-осадочных отложениях охотской и океанской свит залегают мощные потоки лав андезитов, перекрытые лавово-пирокластическими отложениями базальтового состава, предположительно нижне- и среднеплейстоценового возраста. Широко представлены двупироксеновые андезиты, названные межледниковыми [5] и имеющие возраст от 110 до 20 тыс. лет. Вулкан Эбеко сложен молодыми постледниковыми лавами двупироксеновых андезитов или (реже) андезибазальтов. Формирование современной постройки произошло между 1000 г. до нашей эры и началом нашей эры. Излияние лавовых потоков в. Эбеко по данным [9] датируется временем от 400 г. до нашей эры до начала нашей эры. Все последующие извержения вулкана были эксплозивными [9]. В структурном плане вулкан приурочен к крупной зоне разломов ССВ простирания, вдоль которой расположено большинство вулканов хр. Вернадского, и является частью крупной протяженной вулканотектонической структуры, в недрах которой в течение длительного времени происходила миграция магматического расплава андезибазальтового состава [2, 5].

Вулкан Эбеко представляет собой вытянутый с юга на север невысокий (~200 м) конус, который образован лавами и пирокластикой андезитового состава. На вершине конуса находятся три слившихся кратера (рис. 1). Вулкан характеризуется постоянной деятельностью фумарол и горячих источников. Фумарольные поля располагаются в Южном кратере и Активной воронке Северного кратера, а также на восточном склоне вулкана. Небольшие по размеру и мощности поля находятся на западном склоне Южного кратера и в 300 м к юго-востоку от его кромки. Горячие источники восточного склона дают начало руч. Лагерный, мощная группа Верхне-Юрьевских горячих источников расположена на западном склоне вулкана. Детальное систематическое изучение поверхностных гидротермальных проявлений в. Эбеко ведется с 1950-х годов, и ему посвящено большое количество работ [1, 6–8, 12, 15, 16, 19 и др].

В деятельности вулкана выделяются четыре типа активности: 1 – пароксизмальные извержения вулканского типа, 2 – межпароксизмальные извержения фреатического типа и постоянная фумарольная деятельность, 3 – умеренная и 4 – периоды ее усиления, активизации. Периоды из-

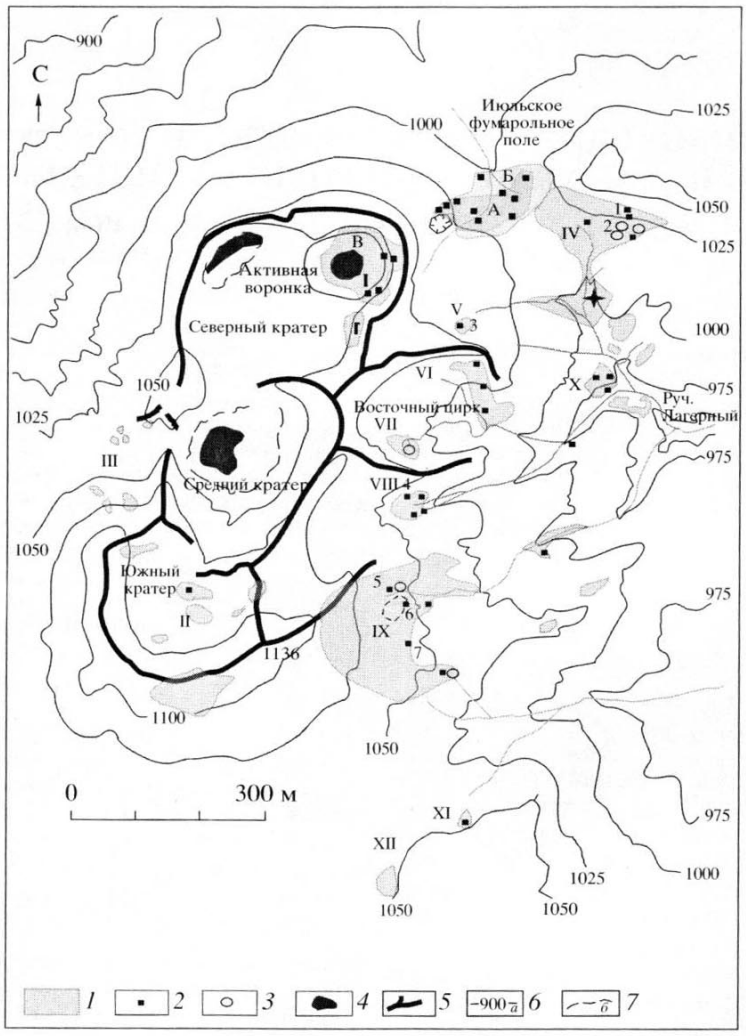


**Рис. 1.** Схема термальных полей вулкана Эбеко по состоянию на 28.09.2006 г. по В.Н. Двигало (1989 г.), с дополнениями авторов:

*1* – полощадки термальных полей; *2* – фумаролы; *3* – котлы с термальной водой; *4* – кратерные озера; *5* – бровки уступов крупных кратеров; *6* – изогипсы: *а* – горизонтали сечением 25 м, *б* – полугоризонтали сечением 12.5 м. Римскими цифрами обозначены термальные поля: I – Активная воронка, II – Южный кратер, III – Западное поле, IV – Северо-Восточное поле, V – поле фумаролы Гремучая, VI –поле фумаролы Флоренского, VII – Первое Восточное поле, VIII – Второе Восточное поле, IX – Юго-Восточное поле, X – поле руч. Лагерный, XI – Второе Юго-Восточное поле, XII – Третье Юго-Восточное поле. Наиболее мощные фумаролы и котлы до активизации вулкана: 1 – Ревущая, 2 – Большой котел Северо-Восточного поля; 3 – Гремучая; 4 – Ураганная; 5 – Фаллическая; 6 – Рогатая; 7 – Большая. Буквами обозначены площади фумарольного поля Июльское по состоянию на: А – 16.07. 2005 г., Б – 28.09.2006 г., В – термального поля Активной воронки; Г – области прогрева Северного кратера 28.09.2006 г. Пунктиром отмечена область выброса раскаленного материала из фумаролы Рогатая. Звездочкой обозначено местоположение Активной воронки.

вержений продолжаются 2–4 г., периоды межэруптивной деятельности длятся 20–30 лет [11, 12].

По историческим сведениям, дополненным тефрохронологическими исследованиями [5, 9], в XVIII–XIX вв. известны извержения в. Эбеко в 1793 г., 1833–1834 гг., 1859 г. В сентябре 1859 г. густые серные пары закрывали соседний о. Шумшу, вызывая у жителей тошноту и головную боль.

Единственное задокументированное пароксизмальное извержение произошло в 1934–1935 гг. Эксплозии были приурочены к субмеридиональной трещине на дне Среднего кратера, в котором еще не было озера. Горячее озеро образовалось после извержения. Лавовые потоки не изливались, но в большом количестве выбрасывались бомбы типа "хлебной корки". Масса изверженного материала составила ~1 млн. т [5].

Следующий эруптивный период 1967–1971 гг. состоял из трех фреатических извержений в Северном кратере. Наблюдались предвестники в виде усиления фумарольной активности, подъема температуры газов, понижения уровня грунтовых вод и резкие колебания уровня воды в озере Среднего кратера. В ходе извержения образовалась взрывная воронка в северо-восточной части кратера, которая впоследствии заполнилась теплым (до 33°С) озером размером 50х35 м. На дне озера действовали мощные фумаролы [1, 9, 11, 18]. Было выброшено $10^5$ т пирокластики резургентного состава.

Следующее извержение вулкана наблюдалось в 1987–1991 гг. Эруптивный центр находился в Активной воронке Северного кратера (кратер 1967 г.). Отмечалось два режима активности: постоянная умеренная эмиссия пара и газов на высоту до 150 м и происходившие до 8–10 раз в сутки более сильные взрывы с выбросами резургентной пирокластики на высоту от 1 до 5 км. В результате извержения произошли значительные изменения в морфологии Активной воронки Северного кратера, объем выброшенного материала составил около 450 тыс. $м^3$ [9, 11, 13]. В 1998 г. после предварительно зафиксированных изменений в температурном режиме фумарол и химическом составе фумарольных газов на вулкане произошли фреатические взрывы [19].

**Активизация вулкана Эбеко в 2005 г.** 27 января 2005 г. произошла резкая активизация фумарольной деятельности в районе Активной воронки Северного кратера. Ее начало сопровождалось тектоническим землетрясением с эпицентральным расстоянием 10 км, зафиксированным сейсмической станцией Северо-Курильск в 18 ч 10 мин по Гринвичу, после чего станция стала отмечать слабые поверхностные вулканические землетрясения от 4 до 9 в сутки. С 28 января, когда погода улучшилась, над кратером стал наблюдаться парогазовый столб высотой до 400 м. Начиная с момента активизации и по 30 января, включительно, в г. Северо-Курильск практически непрерывно ощущался сильный запах сероводорода.

Результаты первого обследования вулкана 29–30 января показали, что для Северо-Восточного фумарольного поля температуры газов на выходе из устьев фумарол и котлов сохранились в обычных пределах (100–120°С для фумарол и 93–95°С для термальных котлов). Подойти к другим полям не удавалось из-за сильной загазованности кромки кратера. Центром активизации оказалась Активная воронка Северного кратера, где на восточной внутренней стенке образовалось жерло диаметром около 5 м, из которого била мощная струя пара желто-серого цвета. Высота подъема струи менялась в зависимости от метеоусловий: от 80 до 500 м. В 20 м к юго-востоку от основного жерла располагалась группа из 5 мощных фумарол. На дне кратера под западной стенкой возникло небольшое озеро овальной формы (7 × 12 м) бирюзового цвета. Морфология кратера не изменилась. На внешних склонах Активной воронки были обнаружены отложения трех пепловых выбросов: толщина слоев 1–2 мм, пепел прослеживался на расстоянии до 500 м к юго-востоку от Активной воронки. Пепел был представлен плагиоклазом, пироксеном, обломками буро-зеленого стекла, гидротермально измененной породы и агрегатами вторичных минералов.

Следующий осмотр кратера и фумарольных полей с отбором на анализ газов из режимных фумарол и фотосъемкой был сделан 19.02.2005 г. и 21.04.2005 г. В Активной воронке к этому времени работали уже два жерла, оба диаметром по 5 м, второе открылось на месте нахождения пяти фумарол. Из обоих жерл наблюдалась постоянная эмиссия пара и газов. Цвет струи был белым, что указывало на отсутствие в ней пепла. Высота подъема парогазового столба в момент осмотра 19 февраля была 85 м: сильная инверсия температуры воздуха блокировала подъем газа вверх. Появились прогретые участки, лишенные снега, на южной кромке Активной воронки и на ее восточном склоне. Были измерены температуры газа на доступных термальных полях: Северо-Восточном, поле фумаролы Гремучая, втором Восточном и Юго-Восточном. Температурный режим фумарол не изменился и сохранился в пределах 100–123°С, а размеры термальных площадок не увеличились, кроме непосредственно Активной воронки.

16 июля на внешнем северо-восточном склоне Активной воронки по обоим бортам истока р. Юрьева было обнаружено новое фумарольное поле с тремя мощными фумаролами и многочисленными мелкими выходами пара (рис. 1). В дальнейшем, к 26.08.2005 г. площадь нового фумарольного поля увеличилась в 2.4 раза: с 0.007 $км^2$ до 0.020 $км^2$ (рис. 2), соответственно, усилилось выделение газов. За этот период времени возникли новые мощные фумаролы. В северо-восточной части поля вокруг многочисленных фумарольных струй образовались серные башни высотой от 0.3 до 1 м, повсеместно наблюдалось истечение жидкой серы. В северо-западной части поля группа фумарольных струй располагалась на одной линии, маркируя трещину, ориентированную с юго-запада на северо-восток. Температура истечения газов на новом фумарольном поле, названном по времени его обнаружения Июльским, повысилась для различных фумарол с 110–143°С до 137–250°С. В Активной воронке действовали фумаролы, сосредоточенные в местах зимних жерл (рис. 3), продолжился рост площади прогрева дна и внутренних стенок Активной воронки. Мощность фумарол в кратере стала уменьшаться после об-

вершина влк. Эбеко
Активная воронка
фумарола Гремучая
Юго-восточное фумарольное поле
фумарольное поле Июльское
воронка взрыва
Северо-восточное фумарольное поле

**Рис. 8.** Одна из трещин на поверхности фумарольного поля Июльское. Длина ножа 26 см. Фото Т.А. Котенко.

щадь нового фумарольного поля увеличилась на 200 м$^2$. Ниже по течению ручья (истока р. Юрьева) возникли новые мощные фумаролы. В восточном борту ручья и вдоль его русла происходило интенсивное отложение серы с образованием серных конусов. Также были отмечены многочисленные потоки расплавленной серы. Температура газовых струй в этой части поля была порядка 110–132°С. На всей поверхности нового поля были отмечены трещины, ориентированные на север, северо-восток. Часть из них располагалась на границах термального поля, разрывая по неровной линии рыхлые пирокластические отложения предыдущего извержения. Ширина нескольких таких трещин увеличилась к концу сентября с 0.5–1 см до 5–6 см, а их протяженность возросла до 4–20 м (рис. 8). Самая большая измеренная глубина в трещинах превысила 3 м. Однако газ из них не выделялся. Видимо, это было связано с проседанием осевой части термального поля. По характерной записи на сейсмограммах сейсмостанции "Северо-Курильск" и сообщению очевидца, 28 августа и 4 октября произошли два гидротермальных взрыва в Активной воронке. Первый из них вызвал частичное обрушение плотных отложений лавовых потоков в северо-западной стенке воронки (рис. 9). Выброшенный при взрыве материал (от мелкозернистого до среднезернистого песка с отдельными угловатыми обломками размером до 0.6 см) был отмечен только на бровке кратера в северо-восточном направлении. Все фракции были представлены обломками гидротермально измененной породы и шлаками. Мощность отложений не превышала 0.5 см. Ширина выброса была около 40 м. В этот же период времени произошло изменение цвета озера с бирюзового на зеленый.

**Рис. 9.** Озеро в Активной воронке Северного кратера 28.09.2006 г. Стрелкой указана область обрушения в северо-западной стенке. Фото Т.К. Пинегиной.

**Химический состав фумарольных газов.** Газы являются наиболее подвижной частью магмы, они чутко реагируют на изменения в недрах вулканической постройки, в том числе на процессы подготовки и реализации вулканических извержений. Исследование состава вулканических газов является одним из перспективных методов среднесрочного прогноза состояния активных вулканов (более 1–3 месяцев). Это геохимическое направление в изучении действующих вулканов развивается в мире с середины 1960-х годов. При мониторинге вулканических газов основной задачей является выделение присущих для исследуемого вулкана информативных признаков. Для вулкана Эбеко такие работы проводились многими исследователями [1, 6, 12, 13, 18, 19]. Общим результатом этих работ стало выделение прогностических признаков. Так, извержению 1987–1991 гг. предшествовало увеличение отношений S/Cl, $H_2S/SO_2$, S/C, F/Cl [11]. Перед фреатическими выбросами в марте 1998 г. наблюдались сходные изменения в рассчитанных прогностических отношениях: нарастание для S/Cl, S/C, $H_2O/CO_2$ и их уменьшение для $CO_2/H_2$. Соотношение $H_2S/SO_2$ менялось только для фумаролы Гремучая. Также для предэруптивного периода в. Эбеко было характерно увеличение газов группы содержания серы ($SO_2$, $H_2S$) [1, 10, 13], а также HCl, $N_2$, Ar, $O_2$, $H_2$ [10, 19].

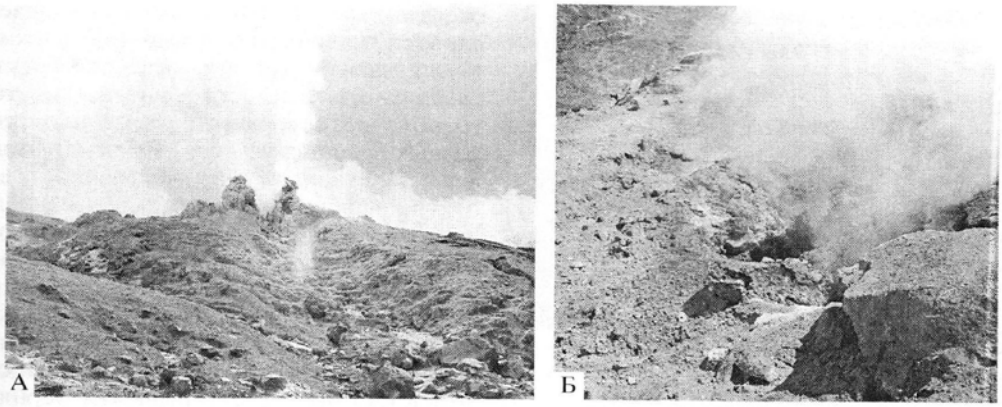


**Рис. 10.** Фумарола Северная фумарольного поля Июльское: А – 16.09.2005 г., температура газов 147°С, Б – 13.06.2006 г., температура газов 508°С. Фото Л.В. Котенко.

В 2003 г. был возобновлен отбор фумарольных газов на вулкане Эбеко, но только из одной режимной фумаролы Ревущая, так как фумарола Гремучая к этому времени превратилась в слабо парящую термальную площадку. Отбор проб проводился единым методом [14]: применялись отдельные вакуумированные барботеры, наполненные 50 мл 4М КОН. Из одной фумаролы отбиралось несколько параллельных проб. Также были взяты пробы газа на Июльском фумарольном поле из мощной фумаролы Северная перед тем, как температура ее газов превысила 500°С (рис. 10). Средние значения полученных результатов приведены в табл. 1. Сравнительный анализ химического состава газов фумаролы Ревущая показал, что за рассмотренный период произошли значительные изменения в их составе. Выросли содержания $SO_2$, Ar, HCl, $N_2$, $O_2$. Для $H_2S$ и $H_2$ наблюдался сначала рост, а затем падение. Также наблюдались характерные изменения отношений таких компонентов, как S/Cl и $H_2S/SO_2$ (увеличение перед активизацией, затем уменьшение), S/C и $H_2O/CO_2$ (только увеличение) (рис. 11). Эти параметры были выявлены ранее [1, 10, 13, 19] как геохимические предвестники извержений. Все это происходило на фоне значительного повышения температур в районе Июльского фумарольного поля. Парогазовые струи фумаролы Северная (табл. 1) были обогащены $SO_2$, $H_2S$ и HCl. Особенно примечателен факт обнаружения значительных содержаний HCl, не наблюдавшихся ранее ни в составе фумарольных, ни в составе эруптивных газов вулкана Эбеко. Исходя из этого, мы считаем, что наблюдается переход от периода межэруптивного состояния вулкана к его предэруптивной фазе. То есть мы предполагаем, что происходит активная подготовка к его эксплозивному извержению.

**Экологические последствия активизации вулкана Эбеко.** С момента начала активизации с 27 по 30 января в г. Северо-Курильск практически непрерывно ощущался сильный запах сероводорода. Поэтому с 28 января были начаты регулярные из-

**Таблица 1.** Состав фумарольных газов вулкана Эбеко, в % мол.

| Название фумаролы | Дата отбора | $T$°C | Компоненты | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $H_2O$ | Без учета $H_2O$ | | | | | | | | | | |
| | | | | $CO_2$ | $SO_2$ | HCl | $H_2S$ | $N_2$ | $O_2$ | Ar | $CH_4$ | $H_2$ | He | CO |
| Ревущая | 19.10.2003 г. | 110 | 98.01 | 86.824 | 10.704 | 0.9 | 0.380 | 0.978 | 0.191 | 0.015 | $5.0 \times \times 10^{-4}$ | $1.0 \times \times 10^{-3}$ | $1.77 \times \times 10^{-3}$ | $1.1 \times \times 10^{-4}$ |
| Ревущая | 01.07.2004 г. | 110 | 98.7 | 61.229 | 22.022 | 0.613 | 1.672 | 2.795 | 0.636 | 0.034 | $6.17 \times \times 10^{-4}$ | $1.3 \times \times 10^{-3}$ | $1.54 \times \times 10^{-3}$ | $3.2 \times \times 10^{-4}$ |
| Ревущая | 10.02.2005 г. | 125 | 97.76 | 54.432 | 29.585 | 2.15 | 1.520 | 9.477 | 3.074 | 0.134 | $1.26 \times \times 10^{-4}$ | $0.9 \times \times 10^{-3}$ | $1.48 \times \times 10^{-3}$ | $0.9 \times \times 10^{-4}$ |
| Северная | 26.08.2005 г. | 147 | 90.45 | 23.719 | 35.309 | 28.952 | 2.651 | 7.592 | 1.664 | 0.097 | $4.5 \times \times 10^{-4}$ | $1.6 \times \times 10^{-3}$ | 0 | $4.2 \times \times 10^{-4}$ |

Примечание. Аналитики Шапарь В.Н., Тимофеева И.Ф., отбор газов в 2003 г. проведен Кузьминым Д.Ю.

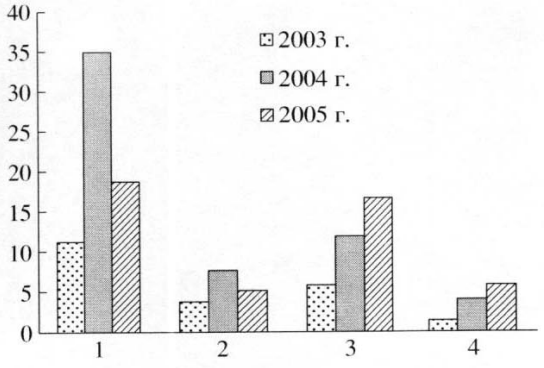


**Рис. 11.** Изменение во времени прогностических соотношений газовых компонент для фумаролы Ревущая. 1 – S/Cl; 2 – $H_2S/SO_2 \times 10^2$; 3 – $H_2O/CO_2 \times 10^{-1}$; 4 – $S/C \times 10$.

мерения концентрации сероводорода в воздушном бассейне города газоанализатором "Колион-1". В газоанализаторе использован фотоионизационный метод детектирования, основанный на ионизации молекул излучением источника вакуумного ультрафиолета. Прибор работает в режиме реального времени и является средством экспресс-анализа: время измерения составляет 3 секунды. До настоящего времени высказывалось мнение, что опасность отравления атмосферного воздуха токсичными газами при извержениях вулкана Эбеко хотя и присутствует, но мала из-за большой повторяемости сильных ветров [9, 11]. Однако для зимнего периода не были учтены поправки на такие свойства снега, как адсорбция и высокая газопроницаемость. Адсорбция газов – явление поглощения газов на поверхности кристаллов снега и льда. В общем случае это явление обусловлено наличием силового поля у атомов и молекул адсорбентов и зависит от структуры последних. В зависимости от интенсивности силового поля на поверхности кристаллов снега при разных внешних условиях могут образовываться адсорбированные слои газов толщиной в одну молекулу (мономолекулярные) или несколько (полимолекулярные). Обычно адсорбция обратима. Высокая газопроницаемость снежного покрова, в свою очередь, связана с разветвленной системой сообщающихся пор. Она направлена как по горизонтали, так и по вертикали, хотя и в разной степени зависит от пористости и слоистости снега, возрастает по мере укрупнения зернистости и прекращается лишь в случае образования ледяных прослоек [4]. Эти свойства снежных кристаллов и самой толщи снежного покрова фактически определили наличие постоянного загрязнения сероводородом атмосферного воздуха с момента активизации вулкана. Опасность только от одного из токсичных газов ($H_2S$) при усилении фумарольной деятельности вулкана уже представляет собой: 1 – постоянное фоновое превышение ПДК по содержанию сероводорода в воздухе в 14–20 раз; 2 – пиковые превышения ПДК в 100 раз и более при сопутствующих направлениях ветра (западный, северо-западный) (рис. 12). Кроме того, в случае нахождения в воздухе одновременно нескольких газов, обладающих близким характером влияния на организм человека, их негативное действие суммируется. В нашем случае к таким газам относятся $H_2S$, $SO_2$ и HCl [3].

Заметим, что измерения содержания сероводорода в атмосферном воздухе проводились до возникновения фумарольного поля Июльское. Его мощность значительно превысила суммар-

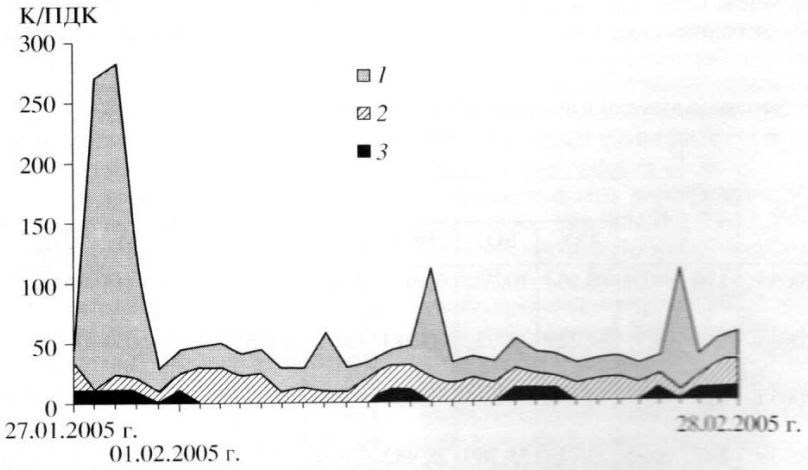


**Рис. 12.** Уровень загрязнения сероводородом с 27 января по 28 февраля 2005 г. К/ПДК – отношение концентрации сероводорода в воздухе (мг/м$^3$) к его предельно допустимой концентрации.

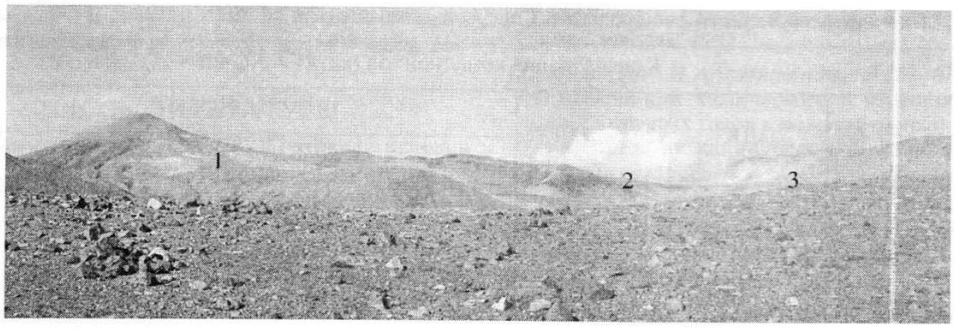


**Рис. 13.** Восточные склоны вулкана Эбеко 29.09.2005 г. Цифрами обозначены фумарольные поля: 1 – Юго-Восточное, 2 – Июльское, 3 – Северо-Восточное. Резко выделяется мощность фумарольного поля Июльское. Фото Л.В. Котенко.

ную мощность фумарол Активной воронки и всех остальных термальных полей вулкана (рис. 13). На основе данных по химическому составу газов фумаролы Северная (табл. 1) и данных по общему количеству газов, выделяемых новым полем (в среднем 6720 т/сут), был сделан расчет выноса токсичных составляющих (табл. 2). Для сравнения с межэруптивным состоянием вулкана были взяты данные за период 1979–1985 гг. [12]. В итоге получено, что только Июльское фумарольное поле в 2005–2006 гг. выносило в сутки двуокиси серы в 73 раза больше, чем все фумарольные поля вулкана Эбеко до активизации, хлористого водорода – в 81 раз, сероводорода – в 7 раз больше. Ежедневные наблюдения за наличием загазованности в г. Северо-Курильск показали: в период с сентября по май запах вулканических газов ощущался в разной степени от 6 до 15 дней (брались дни, в которые запах отмечался не менее 1 ч). Максимальная отмеченная продолжительность периода сильного загрязнения атмосферного воздуха – 4 сут с небольшим перерывом (1–5 марта 2006 г). Сначала слабый запах вулканических газов ощущался 1 марта при западном ветре (порывы достигали 17–19 м/с) в снежных зарядах. 2 марта при штиле с 10 до 11 ч утра запах стал очень сильным. Слабый северо-восточный ветер прервал газовые атаки до 8 ч утра 3 марта. С третьего по пятое марта газы распространялись, накатывая на территорию города и порта волнами (порт расположен в 2 км к востоку от города), ощущался сильный раздражающий запах, вызывающий кашель, периодически было трудно дышать. Двое-трое суток с присутствием запаха вулканических газов в воздухе при устойчивом западном ветре скоростью 10–12м/с – самая повторяющаяся ситуация. В период с июня по август благодаря действию летнего муссона (преобладающее направление ветра – юго-восточное) и развитию бризовой циркуляции вулканические газы очень редко достигали территории города.

Общий химический анализ проб питьевой воды, отобранных с начала активизации, показал: вода не соответствует ГОСТу по кислотности (4.69–4.85), содержанию магния (содержание 2.4 мг/л при ПДК 0.1 мг/л), ухудшилось качество воды по содержанию алюминия (превышение ПДК составило к 13.04.2005 г. 3.4 раза) (табл. 3). Выросло содержание хлорид-иона и сульфат-иона, а также содержание катионов.

Параллельно отбирались пробы природных вод из других водотоков, для которых значительные очаги разгрузки глубоких водоносных горизонтов выявлены воднобалансовыми расчетами [17]. Это реки Птичья, Наседкина и Городская. Повышенные значения температуры и концентрации хлорид-иона в некоторых выходах этих вод позволили предположить влияние глубинных флюидов [17]. Примечательно, что через 10 дней после начала активизации в этих реках был зафиксирован рост как анионнов, так и катионнов. Прямое влияние вулканических продуктов на химический состав вод исключается: все ручьи уже были закрыты многометровым снегом. В толще снега в результате проведенного шурфования

**Таблица 2.** Вынос основных газов фумаролами вулкана Эбеко

| Компонент | 1 | | | 2 |
|---|---|---|---|---|
| | % мол. | % вес. | т/сут | т/сут |
| $H_2O$ | 90.45 | 77.93 | 5237 | 1804.5 |
| $CO_2$ | 2.26 | 4.77 | 320 | 79 |
| $SO_2$ | 3.37 | 10.32 | 694 | 9.5 |
| HCl | 2.77 | 4.82 | 324 | 4 |
| $H_2S$ | 0.25 | 0.41 | 28 | 3.8 |

Примечание. 1 – вынос газов Июльским фумарольным полем в 2005–2006 гг., 2 – вынос газов всеми фумаролами вулкана в 1979–1985 гг. по [12].

**Таблица 3.** Химический состав питьевой воды в г. Северо-Курильске

| Компоненты | ПДК | 26.08.2001 г. | 2005 г. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 8 февраля | 25 февраля | 8 марта | 13 апреля |
| | | Концентрация компонентов (мг/л) | | | | |
| $HCO_3^-$ | | 6 | 4.3 | 1.2 | 1.2 | |
| $Cl^-$ | 350 | 6.4 | 4.3 | 8.5 | 8.5 | 9.9 |
| $SO_4^{2-}$ | 500 | 34.2 | 95.7 | 46.1 | 51.9 | 53.8 |
| $F^-$ | 0.7–1.5 | – | 0.1 | 0.19 | 0.07 | 0.1 |
| Сумма анионов | | 46.6 | 104.4 | 55.99 | 61.67 | 63.8 |
| $H^+$ | | – | – | – | – | 0.02 |
| $NH_4^+$ | | – | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| $Na^+$ | 200 | 4.8 | 6.4 | 5 | 6 | 5.6 |
| $K^+$ | | 1.5 | 1.2 | 1.4 | 1.2 | 1.6 |
| $Ca^{2+}$ | | 6.3 | 27.3 | 12.8 | 13.2 | 13.6 |
| $Mg^{2+}$ | 0.1 | 1.4 | 4.7 | 2.4 | 2.9 | 2.4 |
| $Fe^{2+}$ | | – | – | <0.3 | <0.3 | |
| $Fe^{3+}$ общ. | 0.3 | – | – | <0.3 | <0.3 | <0.3 |
| $Al^{3+}$ | 0.5 | 0.98 | 0.9 | 1.4 | 1 | 1.7 |
| Сумма катионов | | 14.98 | 40.5 | 23 | 24.3 | 24.9 |
| $H_3BO_3$ | | – | <0.6 | <0.6 | <0.5 | <0.6 |
| $H_4SiO_4$ раств. | | – | 32.4/5.9 | 44/2.8 | 48.9/36.4 | 49.3/23.9 |
| pH | 6 | 4.53 | 4.85 | 4.77 | 4.76 | 4.69 |
| Общая минерализация | | 61 | 183.2 | 126.99 | 170 | 161.9 |

Примечание. Все анализы водных проб выполнены в ЦХЛ ИВиС ДВО РАН. Аналитики: Сергеева С.В., Смышляева А.А., Шульга О.В.

были обнаружены от 2 до 3 ледяных прослоев, блокирующих газообмен и быстрый обмен веществом разделенных частей снежной толщи. Таким образом, наблюдаемые изменения могли быть обусловлены только изменением глубинной составляющей.

## ВЫВОДЫ

1. 27 января 2005 г. начался новый этап активности вулкана Эбеко, характеризующийся усилением фумарольной деятельности, гидротермальными взрывами и образованием нового высокотемпературного фумарольного поля.

2. Установлены изменения химического состава газов и некоторых соотношений газовых компонентов режимной фумаролы Ревущая в период с 2003 по 2005 гг., являющиеся для вулкана Эбеко [1, 13, 19] геохимическими предвестниками извержения. Анализ этих изменений и изменений в поверхностных проявлениях гидротермальной деятельности вулкана позволяет предположить подготовку к его эксплозивному извержению. Период подготовки, как показывает опыт предыдущих извержений, может продлиться от нескольких месяцев до 2–3 лет.

3. Изменение объема и состава фумарольных газов в комплексе с адсорбционными свойствами снега и ветровым режимом привели к постоянному загрязнению атмосферного воздуха токсичными составляющими, в частности сероводородом. Ранее считалось, что это маловероятно из-за большой повторяемости сильных ветров.

Авторы признательны сотрудникам лаборатории геотермии ИВиС ДВО РАН за всестороннюю поддержку, Д.Ю. Кузьмину за помощь в отборе фумарольных газов, Г.М. Гавриленко, Н.Н. Кожемяке и А.А. Овсянникову за ценные замечания и помощь при подготовке статьи к печати. А также выражают благодарность начальнику отдела ГО и ЧС г. Северо-Курильск В.И. Кобзеву за предоставленный газоанализа-

тор "Колион-1", С.П. Маршуку за помощь в полевых исследованиях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Башарина Л.А., Храмова Г.Г.* Состояние вулкана Эбеко в 1966–1967 гг. // Бюл. вулканол. станций.1971. № 47. С. 44–51.
2. *Белоусов В.И., Рычагов С.Н., Сугробов В.М.* Северо-Парамуширская гидротермально-магматическая система: геологическое строение, концептуальная модель, геотермальные ресурсы // Вулканология и сейсмология. 2002. № 1. С. 34–50.
3. *Беккер А.А., Агаев Т.Б.* Охрана и контроль загрязнения природной среды. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 286 с.
4. Гляциологический словарь/Под ред. Котлякова В.М. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 526 с.
5. *Горшков Г.С.* Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с.
6. *Иванов В.В.* Современная гидротермальная деятельность вулкана Эбеко на о. Парамушир // Геохимия.1957. № 1. С. 63–76.
7. *Котенко Т.А., Котенко Л.В.* Гидротермальные проявления и тепловой поток вулканов Эбеко и Крашенинникова (о. Парамушир, Курильские острова) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. Изд-во КГПУ. Петропавловск-Камчатский, 2006. № 1. С. 129–137.
8. *Мархинин Е.К., Стратула Д.С.* Гидротермы Курильских островов. М.: Наука, 1977. 212 с.
9. *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.
10. *Меняйлов И.А.* Зависимость состава вулканических газов от состояния вулканической активности и геохимический прогноз извержений // Бюл. вулканол. станций.1976. № 52. С. 42–48.
11. *Меняйлов И.А., Никитина Л.П., Будников В.А.* Активность вулкана Эбеко в 1987–1991гг.; характер извержений, особенности их продуктов, опасность для г. Северо-Курильска // Вулканология и сейсмология. 1992. № 5–6. С. 21–33.
12. *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.
13. *Меняйлов И.А., Овсянников А.А., Широков В.А.* Извержение вулкана Эбеко в октябре–декабре 1987г. // Вулканология и сейсмология. 1988. № 3. С. 105–108.
14. *Никитина Л.П., Меняйлов И.А., Шапарь В.Н.* Модифицированные методы отбора и анализа фумарольных газов // Вулканология и сейсмология. 1989. № 4. С. 3–15.
15. *Нехорошев А.С.* Геотермические условия и тепловой поток вулкана Эбеко // Бюл. вулканол. станций. 1960. № 29. С. 38–46.
16. Опыт комплексного исследования района современного и новейшего вулканизма (на примере хр. Вернадского, о. Парамушир) // Тр. СахКНИИ. Вып. 16. Южно-Сахалинск, 1966. 208 с.
17. *Рычагов С.Н., Калачева Е.Г., Белоусов В.И. и др.* Концептуальная структурно-гидродинамическая модель Северо-Парамуширской гидротермально-магматической конвективной системы // Современный вулканизм и связанные с ним системы. Петропавловск-Камчатский, 2003. С. 111–114.
18. *Сидоров С.С.* Активизация вулкана Эбеко в 1963–1964 гг. // Бюл. вулканол. станций. 1965. № 40. С. 44–51.
19. *Фазлуллин С.М., Тимофеева И.Ф., Котенко Л.В., Шапарь В.Н.* Опыт слежения за состоянием вулкана Эбеко (Курильские острова) // Матер. Российско-японского полевого семинара "Минерало-рудообразование в вулкано-гидротермальных системах островных дуг: от модели к эксплуатации". Петропавловск-Камчатский, 1998. С. 252–255.
20. *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.


# Increased Activity on Ebeko Volcano, Paramusher I., North Kuriles in 2005–2006

**T. A. Kotenko, L. V. Kotenko, V. N. Shapar**

*Institute of Volcanology and Seismology, Far East Division, Russian, Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatskii, 683006, Russia*

In recent years the gas-hydrothermal activity on Ebeko Volcano was characterized by constant heat flow and chemical composition of water and fumarole gases. The activity on the volcane suddenly increased on January 27, 2005. Two powerful steam-gas jets 5 min diameter arose in the Active Funnel of the North Crater. A new powerful high temperature fumarole field formed there in July 2005. Changes took place in the chemical composition of fumarole gases. For these gases ratios of some components were calculated that were regarded as geochemical precursors of an exposive eruption on on Ebeko has been developed based on the above results and the very fact of increased fumarole activity on the volcano. The contamination of the atmosphere by a toxic gas (hydrogen sulfede) is described. It was previously believed that toxic gases pose a very short-lived threat for people in the town of Severo-Kurilsk thanks to frequent strong winds. It is shown that the hazard of toxic gases sharply increases during periods of higher activity on Ebeko and has a constant character both on the volcano itself and around Severo-Kurilsk.