

УДК 551.221

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ ГОРОДА СЕВЕРО-КУРИЛЬСК В ПЕРИОД УСИЛЕНИЯ ФУМАРОЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЛКАНА ЭБЕКО (О-В ПАРАМУШИР, КУРИЛЬСКИЕ О-ВА) С ЯНВАРЯ 2005 г.

© 2008 Т.А. Котенко

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006;
e-mail: kotenko@sakhalin.ru*

Город Северо-Курильск расположен у подножия действующего вулкана Эбеко. Вулканические газы вулкана представляют реальную опасность для жителей города не только во время извержения вулкана, но и при активизации фумарольной деятельности. На примере последних событий, связанных с наблюдающейся с января 2005 года активизацией фумарольной деятельности, рассмотрены факторы, способствующие загрязнению воздушного бассейна города.

ВВЕДЕНИЕ

Город Северо-Курильск (о-в Парамушир, Курильские о-ва) находится в 6 км от вулкана Эбеко - действующего андезитового вулкана, характеризующегося фреатическими и фреато-магматическими извержениями (рис. 1). Для него выделяются четыре типа активности: пароксизмальные извержения вулканского типа, межпароксизмальные извержения фреатического типа, усиление фумарольной деятельности и постоянная умеренная фумарольная деятельность. Периоды фреатических извержений продолжаются 2-4 года,

периоды межэруптивной деятельности длятся 20-30 лет (Меняйлов и др., 1992). Последнее извержение вулкана Эбеко наблюдалось в 1987-1991 гг. (Мелекесцев и др., 1993; Меняйлов и др., 1992).

Одну из угроз для безопасности города во время извержений представляет загрязнение воздушного бассейна комплексом вулканических газов. Для двух из исторических извержений было отмечено отравление атмосферного воздуха вулканическими газами: сильное в сентябре 1859 г. (Горшков, 1967) и умеренное в 1987-1991 г. (Меняйлов и др., 1992). Во время последнего извержения гидрометеостанцией (ГМС) «Северо-Курильск» велись инструментальные наблюдения за содержанием в воздухе сернистого газа и сероводорода. Концентрация газов измерялась два раза в сутки. Были зафиксированы периоды с превышением предельно допустимых концентраций (ПДК) H_2S в 7.5 раза, SO_2 - в 10 раз. В работах (Мелекесцев и др., 1993; Меняйлов и др., 1992) был сделан вывод о том, что токсичные газы представляют для города лишь кратковременную угрозу в связи с большой повторяемостью сильных ветров.

ВУЛКАНИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА

27 января 2005 г. на вулкане Эбеко произошло резкое усиление фумарольной деятельности, которое сохраняется до сих пор. Процесс

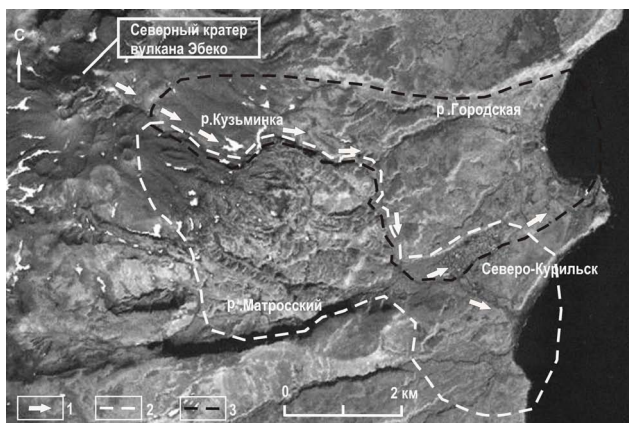
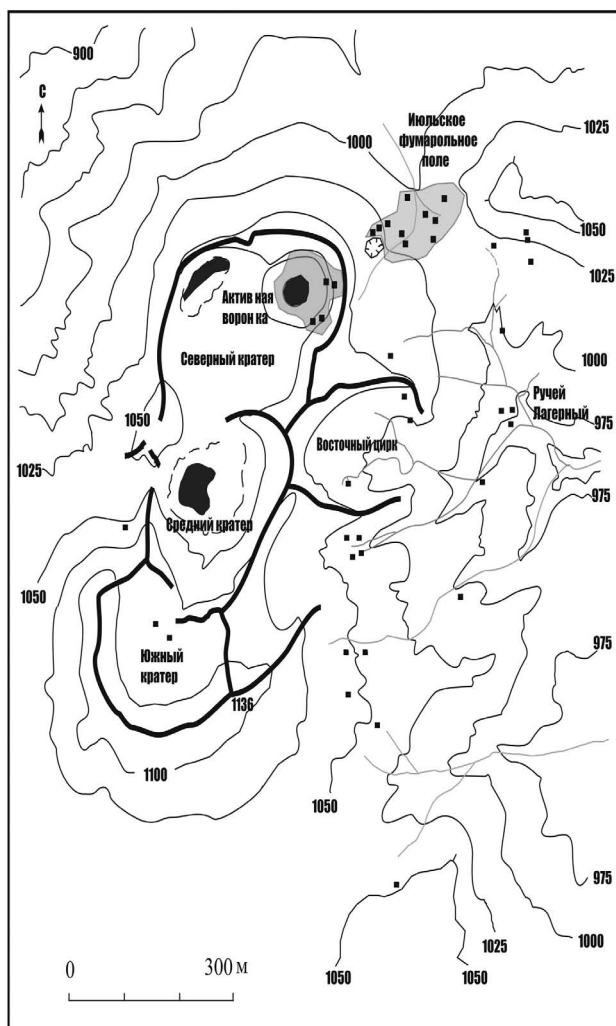


Рис. 1. Расположение г. Северо-Курильск относительно вулкана Эбеко и распространение токсичных газов при различных метеорологических условиях, контролируемое рельефом: 1 - ущелье р. Кузьминки; 2 - междуречье рек Кузьминки и Матросской; 3 - междуречье рек Городской и Кузьминки.



1 2 3 4 5 6

Рис. 2. Схема вершинной части вулкана Эбеко по В.Н. Двигало (1989 г.), с дополнениями:
 1 - участки активизации фумарольной деятельности;
 2 - главные фумаролы; 3 - кратерные озера; 4 - бровки уступов крупных кратеров; изогипсы: 5 - горизонталь сечением 25 м, 6 - полугоризонталь сечением 12.5 м.

активизации локализован в пределах постройки Северного кратера: в Активной воронке и на внешнем северо-восточном склоне (рис. 2), где образовалось новое фумарольное поле размером 180×100 м. На площади этого поля, названного Июльским по времени образования, сосредоточено более 30 мощных парогазовых струй, не считая рассеянного парения по площади (рис. 3, на 1 стр. обложки). Температуры различных газовых струй от 110°C до 530°C (Котенко и др., 2007). Вынос газов из Активной воронки (рис. 4), составлявший до активизации 216 т/сутки, увеличился до 1440 т/сутки. Фумаролы нового поля с октября 2005 г. стали выносить 7200 т/сутки вулканических газов. Общий вынос газов всеми фумарольными полями вулкана Эбеко в межэруптивные периоды по данным разных авторов достигал 1900 т/сутки. В

Таблица 1.

Среднее содержание токсичных составляющих в фумарольных газах вулкана Эбеко, в % мол.

Фумарольное поле	Дата отбора	Компоненты				
		H ₂ O	Без учета H ₂ O			
			CO ₂	SO ₂	HCl	H ₂ S
Северо-Восточное	19.10.2003 г.	98.01	86.82	10.70	0.90	0.38
Северо-Восточное	01.07.2004 г.	98.70	61.23	22.02	0.61	1.67
Северо-Восточное	10.02.2005 г.	97.76	54.43	29.59	2.15	1.52
Июльское	26.08.2005 г.	90.45	23.72	35.31	28.95	2.65

Примечание: аналитики Шапарь В.Н., Тимофеева И.Ф., Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.

2005-2007 гг. эта величина выросла в 5 раз и стала составлять почти 9600 т/сутки. Одновременно в составе фумарольных газов Северо-Восточного фумарольного поля значительно выросла доля токсичных составляющих: SO₂, H₂S, HCl (табл. 1). Фумарольные струи поля Июльского еще более обогащены газами серы и хлористым водородом. Газы из струй Активной воронки не отбирались, их состав предполагался близким к составу газов фумарол поля Июльского. На основе данных по химическому составу фумарольных газов и данных по их количеству, был сделан расчет выноса токсичных составляющих (табл. 2). Для сравнения были взяты данные, полученные (Меняйлов и др. 1988) за период 1979-1985 гг., когда состояние вулкана оценивалось как межэруптивное. В итоге получено, что фумаролы Активной воронки и поля Июльское в 2005-2007 гг. выносили в сутки двуокиси серы в 94 раза больше, чем все фумарольные поля до активизации, хлористого водорода - в 104 раза, сероводорода - в 9 раз больше. Вынос вулканических газов активным кратером во время последнего извержения составлял от 1000 до 4500 т/сутки (Меняйлов и др., 1992). То есть для вулкана Эбеко количество вулканических газов, выбрасываемых в атмосферу



Рис. 4. Активная воронка Северного кратера в сентябре 2007 г. Фото Д.Ю. Кузьмина.

Таблица 2. Вынос токсичных составляющих в составе фумарольных газов вулкана Эбеко.

Компонент	Активная воронка и фумарольное поле Июльское в 2005-2007 гг. в сумме			Все фумаролы вулкана в 1979-1985 гг. (Меняйлов и др., 1988).
	% мол.	% вес.	т/сутки	т/сутки
H ₂ O	90.45	77.93	6733	1804.5
CO ₂	2.26	4.77	412	79
SO ₂	3.37	10.32	892	9.5
HCl	2.77	4.82	416	4
H ₂ S	0.25	0.41	35	3.8

в периоды активизации фумарольной деятельности, не только сравнимо с их количеством, продуцируемым во время извержений, но и может превышать его.

Влияние на уровень загрязнения города и его окрестностей оказывает и незначительная высота выброса фумарольных газов: чаще всего она составляет 100 – 600 м. И только при штиле на уровне кратера газы поднимаются вверх до высоты 1- 1.5 км (а это - единичные случаи). По этой причине токсичные газы, будучи тяжелее воздуха, легко попадают в воздушный бассейн города.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЮ ВОЗДУХА

Загрязнение воздуха в 2005–2007 гг. было обусловлено двумя вулканическими факторами: резким увеличением общего количества выносимых вулканических газов и изменением их химического состава в сторону увеличения токсичных составляющих. Вулканические факторы действуют

в комплексе с другими: к резкому возрастанию концентраций вредных веществ в приземном слое атмосферы приводят и рельеф местности, и неблагоприятные метеорологические условия. К значимым метеорологическим факторам в рассматриваемых условиях следует отнести: направление и скорость ветра, количество, интенсивность и продолжительность ливневых осадков, местную циркуляцию воздушных потоков, явления вовлечения (для кучево-дождевой облачности) и адсорбции при наличии снежного покрова.

Рельеф создал исключительно благоприятные условия для достижения воздушного бассейна города токсичных газов. Сернистый газ, хлористый водород и сероводород тяжелее воздуха. При штиле газы под действием силы тяжести опускались на город по ущелью ручья Лагерный (рис. 2) и реки Кузьминки (рис. 1). При слабом и умеренном северо-западном ветре шлейф загрязнения расширялся. С юга его ограничивало и направляло ущелье ручья Матросский. При слабом юго-западном ветре область загрязнения занимала междуречье рек Кузьминки и Городской. Усугубляло ситуацию расположение города между двух невысоких возвышенностей – плато Альперина и сопки Пояркова, блокирующих дальнейшее свободное продвижение газов. Происходила переориентация воздушного потока, и газ скапливался или медленно узкой полосой двигался по территории города. При этом ГМС, в обязанности которой входит слежение за загрязнением воздуха, была закрыта одной из сопки (рис. 5). Наблюдатель на ГМС зачастую не ощущал запаха вулканических газов и не фиксировал загрязнение, в то время как в городе концентрация этих газов уже превышала ПДК. ГМС не оборудована прибором для инструментального наблюдения за уровнем загрязнения атмосферного воздуха, наблюдения ведутся по органолептическим признакам.



Рис. 5. Город Северо-Курильск. Вид с юго-запада. Фото Л.В. Котенко.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ ГОРОДА СЕВЕРО-КУРИЛЬСК

Метеорологические факторы. Преобладающее в период с августа по апрель западное, северо-западное направление ветра (от вулкана Эбеко в сторону города) в большой степени определяет постоянную угрозу сильного загрязнения воздуха в г. Северо-Курильск. Исключение составляет короткий период (май - середина августа) с преобладающим юго-восточным ветром летнего муссона и развитием бризовой циркуляции. Что касается скорости ветра, то мнение некоторых исследователей о спасительных часто повторяющихся сильных ветрах (Мелекесцев и др., 1993; Меняйлов и др., 1992) не совсем верно. Ветры западного (попутного) направления при средней скорости до 5-6 м/с (порывы до 12-13 м/с) только усугубляют ситуацию, настойчиво донося до воздушного бассейна города вулканические газы.

Дополнительное влияние на уровень загрязнения воздуха оказывает связанная с рельефом местная циркуляция атмосферы. В подветренной части гор, как известно, могут возникать зоны завихрения (ситуация в нашем случае характерная для ветров западного, северо-западного направления) и встречное основному воздушному потоку движение воздуха. Рециркуляция воздуха нередко приводила к повышению концентрации примеси. Возникновение зон завихрения на восточных склонах вулкана Эбеко имело значительную повторяемость, что визуально фиксировалось наблюдателем, как облачные выбросы вдоль склона на высотах от 100 до 600 м над уровнем моря.

Оказалось, что при наличии снежного покрова на характер загрязнения оказывают существенное влияние свойства снега: адсорбция и высокая газопроницаемость (Котенко, Котенко, 2007). 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 могут при разных внешних условиях образовываться адсорбированные слои газов толщиной в одну или несколько молекулу (соответственно, мономолекулярные или полимолекулярные слои). 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 (Гляциологический словарь, 1984). Эти свойства снежных кристаллов и самой толщи снежного покрова с момента активизации вулкана определили наличие постоянного загрязнения

Таблица 3. Химический состав снега в окрестностях г. Северо-Курильск

Концентрация компонентов (мг/л)					
Компоненты	1986 г.	2005 г.			
		10 февраля	19 февраля	22 марта	30 марта
HCO ₃ ⁻ ?	2.2	1.2	2.4	2.4	3.7
Cl ⁻ ?	8.3	53.2	21.3	5.7	1.4
SO ₄ ²⁻	4.92	7.7	5.7	2.4	1
F ⁻ ?	0.1	0.1	0.15	0.08	0.07
Сумма анионов	15.43	62.2	29.55	10.6	6.11
H ⁺				0	
NH ₄ ⁺		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Na ⁺	5.95	24.3	9.7	3	0.9
K ⁺	0.36	0.6	1	0.4	0.1
Ca ²⁺	0.92	2	1.6	0.8	0.8
Mg ²⁺	0.74	3.4	1.4	0.2	0.2
Fe ²⁺		<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Fe ³⁺		<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Al ³⁺		<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Сумма катионов	7.97	30.3	13.7	4.47	2.03
pH	5.04	4.6	5.33	4.36	5.3
Общая минерализация	26.4	97.1	48.45	20	10

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

сероводородом атмосферного воздуха. Типичная схема длительного сохранения загрязнения воздуха при наличии снежного покрова: при ветре западного, северо-западного направления или штиле вулканические газы достигают воздушного бассейна города. Часть газов адсорбируется снежным покровом. После изменения направления ветра загрязнение определяется только испарением с поверхности снега (обычным или метелевым, повторяемость и интенсивность второго в местных условиях значительно выше первого). В период с декабря по апрель 2000-2007 гг. по данным ГМС «Северо-Курильск» ежемесячно наблюдалось от 15 до 22 дней с метелью или поземкой. Таким образом, высокая повторяемость ветра со средней скоростью до 6 м/с способствовала загрязнению воздуха. Интересно отметить, что слабый запах сероводорода неоднократно отмечался при сильных метелях, когда средняя скорость ветра составляла 13-14 м/с, а порывы достигали 30-32 м/с. Данные факты, по-видимому, связаны с процессом дефляции снежного покрова. Вследствие дефляции освобождались ранее захваченные и сохраненные в толще снега газы.

Подтверждением наличия в снежной толще адсорбированных газов послужили также взятые пробы снега. Результаты химического анализа представлены в табл. 3. В качестве фоновых

значений были использованы осредненные данные для свежевыпавшего снега (Овсянников, Муравьев, 1992). Химический состав свежевыпавшего снега (осадки в передней части циклона при юго-восточном направлении ветра) оказался близок к фоновым значениям — это пробы, отобранные 22 и 30 марта 2005 г. Существенные отклонения от фона отмечены в пробах за 10 и 19 февраля 2005 г.: отбору предшествовали двое суток с ветром западного направления, умеренный запах сероводорода в воздухе, выпадение слабых ливневых осадков. В этих пробах повышено содержание хлоридиона и сульфатиона, выросла, соответственно, величина общей минерализации снега.

Осадки вымывают примеси из атмосферного воздуха. Однако они же могут быть насыщены вредными веществами. Для г. Северо-Курильск при усилении фумарольной деятельности вулкана Эбеко загрязнение воздуха вулканическими газами увеличивается за счет ливневых осадков из кучево-дождевой облачности при западных, северо-западных ветрах (при этом направлении ветра воздушный перенос осуществляется от вулкана к городу). Как известно, именно облака вертикального развития характеризуются максимальным массообменом с окружающим воздухом. Во время смещения кучево-дождевой облачности над вулканом и дальнейшего ее роста за счет вынужденной конвекции (преодоление горного препятствия) происходит вовлечение (проникновение внутрь облака воздуха из окружающей атмосферы) в том числе и вулканических газов. Газы проникают в основном через боковые границы облака, что определяется высотой парогазовых выбросов — обычно от 100 до 600 м над кратером (то есть не более 1600 м над уровнем моря). Увеличение массы облака в слое от его основания до высоты 1500 м составляет от 75% до 220% (Шметер, 1987). Нижняя граница кучево-дождевой облачности по данным ГМС «Северо-Курильск» лежит в пределах 400 - 1000 м, верхняя превышает 2-3 км. Газы захватывались уже сформировавшимися снежными агрегатами и достигали вместе с ними земной поверхности. Во время выпадения осадков происходило испарение определенного количества снежинок — часть захваченных газов освобождалась. Именно поэтому при выпадении ливневого снега неоднократно отмечалось или появление или усиление запаха вулканических газов. Отметим, что в г. Северо-Курильск в зимний период наблюдается от 18 до 23 дней с ливневыми осадками.

НАБЛЮДЕНИЯ ЗА УРОВНЕМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

С первого дня активизации по 30 января 2005 г. в городе Северо-Курильск непрерывно

ощущался сильный запах вулканических газов, поэтому был начат мониторинг по сероводороду. Регулярные инструментальные измерения концентрации сероводорода в воздухе были проведены в период с 28 января по 1 мая 2005 г. Результаты представлены на рисунке 6. Загрязнение H_2S имело почти постоянный характер и представляло собой: 1. Фоновое превышение ПДК в 14-20 раз; 2. Превышения ПДК в 100 раз и более при сопутствующих направлениях ветра (западный, северо-западный) (при скорости ветра до 12-13 м/с в порывах) и штилях.

В случае нахождения в воздухе одновременно нескольких газов, обладающих близким характером влияния на организм человека, их негативное действие суммируется (Беккер, Агаев, 1989). В нашем случае к сероводороду добавляются сернистый газ и хлористый водород.

Измерения содержания сероводорода в атмосферном воздухе проводились до возникновения фумарольного поля Июльское. Его мощность значительно превысила суммарную мощность фумарол Активной воронки и всех остальных термальных полей вулкана. Дальнейшие 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 23 дней в месяц (брались дни, в которые запах чувствовался не менее 1 часа). Надо учесть, что порог чувствительности обоняния человека для сероводорода - 0.014-0.03 мг/м³, а ПДК - 0.008 мг/м³. То есть человек ощущает запах сероводорода, когда ПДК превышена почти в 2 раза. Максимальная отмеченная продолжительность периода сильного загрязнения атмосферного воздуха за 2005-2006 гг. — 7 суток с небольшими перерывами (5-11 декабря 2006 г.). Ситуация была обусловлена сохранением устойчивого ветра западного направления. 7 декабря с 22 до 23 часов и 11 декабря с 7 до 11 часов запах был очень сильным, вызывающим кашель, боль за грудиной, затрудняющим дыхание. Газ скапливался на первых этажах зданий.

Анализ статистики заболеваемости за период с 1991 г. по 2006 г. (данные больницы г. Северо-Курильск) выявил увеличение количества бронхолегочных заболеваний в 2005-2007 гг. В период активизации вулкана появились случаи астмы среди детей и подростков. Как известно, именно детский организм особенно чувствителен к отравлению ядовитыми газами. Отсутствие токсиколога не позволяет правильно идентифицировать симптомы отравления вулканическими газами, такой аспект даже не рассматривается врачами при постановке диагноза. Однако в январе 2006 г. санитарно-эпидемиологической службой была зафиксирована вспышка заболевания детей дошкольного возраста: наблюдались расстройство

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ ГОРОДА СЕВЕРО-КУРИЛЬСК

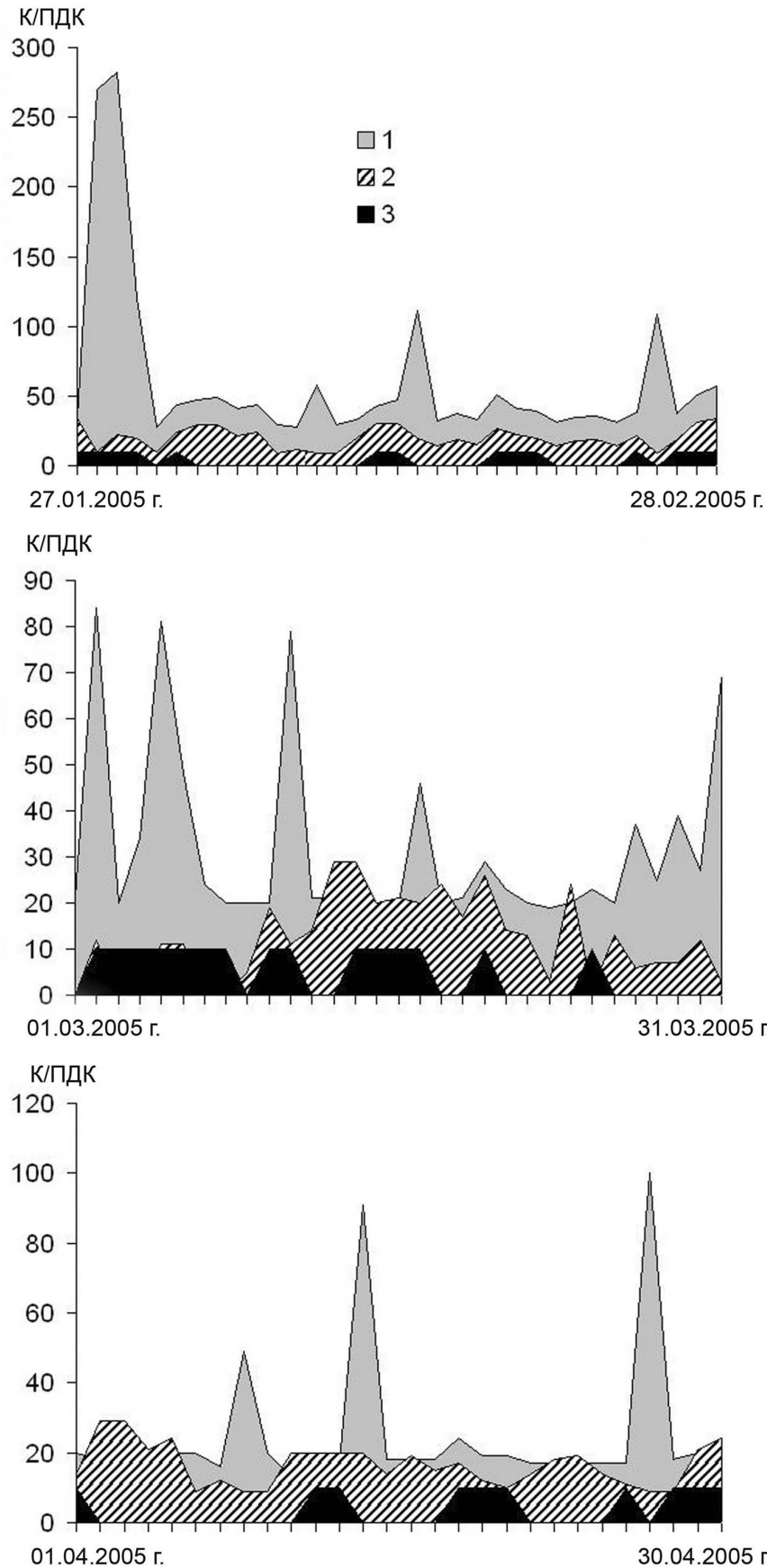


Рис. 6. Уровень загрязнения сероводородом с 27 января по 30 апреля 2005 г. 1 - К/ПДК – отношение концентрации сероводорода в воздухе ($\text{мг}/\text{м}^3$) к его предельно допустимой концентрации, 2 – скорость ветра в порывах ($\text{м}/\text{с}$), 3 – сопутствующее направление ветра или штиль.

кишечника, рвота, головная боль. Работниками СЭС не были установлены пищевые источники отравления. Поэтому было сделано предположение, что причиной заболевания послужило отравление вулканическими газами, так как всю предшествующую ночь и утро до 8 часов в городе ощущался очень сильный запах газов. Было трудно дышать, через 10-15 минут нахождения на открытом воздухе начинались боли за грудиной, газ проникал на первые этажи зданий и скапливался там. От многих жителей города поступили сообщения о том, что они проснулись ночью от сильного запаха газа.

ВЫВОДЫ

Наблюдения за загрязнением воздушного бассейна г. Северо-Курильск в 2005-2007 гг. показали, что опасность отравления жителей вулканическими газами существует не только при извержениях вулкана Эбеко, но и в периоды усиления его фумарольной деятельности. Это связано как с вулканическими факторами: увеличением общего количества выбрасываемых газов и увеличением в их составе токсичных составляющих, так и с местными условиями. К местным факторам относятся особенности рельефа и комплекс метеорологических условий. Периоды усиления фумарольной деятельности и периоды извержений вулкана имеют значительную продолжительность (2-4 года). Создаются условия для длительного отравления атмосферного воздуха токсичными газами. Что, в свою очередь, может серьезно отразиться на здоровье людей.

Не вызывает сомнений необходимость постоянного мониторинга вулканических газов как вулкана Эбеко, так и воздушного бассейна г. Северо-Курильск.

Автор выражает благодарность Л.В. Котенко за всестороннюю помощь в работе над статьей.

Список литературы

- Беккер А.А., Агаев Т.Б.* Охрана и контроль загрязнения природной среды. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 286 с.
- Гляциологический словарь / Под ред. В.М. Котлякова Л.: Гидрометеиздат, 1984. 526 с.
- Горшков Г.С.* Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с.
- Котенко Т.А., Котенко Л.В., Шапарь В.Н.* Активизация вулкана Эбеко в 2005-2007гг. // Вулканология и сейсмология. 2007. № 5. С. 3-13.
- 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.
- Меняйлов И.А., Никитина Л.П., Будников В.А.* Активность вулкана Эбеко в 1987-1991гг.; характер извержений, особенности их продуктов, опасность для г.Северо-Курильск // Вулканология и сейсмология. 1992. № 5-6. С. 21-33.
- 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.
- Овсянников А.А., Муравьев Я.Д.* Извержение вулкана Чикурачки в 1986 г. // Вулканология и сейсмология. 1992. № 5-6. С. 3-20.
- Шметер С.М.* Термодинамика и физика конвективных облаков. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 288 с.

SOME FEATURES OF ECOLOGY CITY SEVERO-KURILSK DURING AMPLIFICATION OF FUMAROLAS ACTIVITY (PARAMUSHIR Isl., KURIL ISLANDS) FROM JANUARY 2005

T.A. Kotenko

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

The city of Severo-Kurilsk is located at bottom of a working Ebeko volcano. The volcanic gases represent real danger to the city dwellers not only during eruption of a volcano, but also at amplification of fumaroles activity. On an example of last events connected to strengthening of fumaroles activity, observed since January, 2005, the factors promoting pollution of air pool of city are considered.