

УДК 553.661.1

САМОРОДНАЯ СЕРА ВУЛКАНА КИЗИМЕН

Малик Н.А.¹, Плутахина Е.Ю.^{1,2}

¹*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

²*Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга*

Научный руководитель: к.г.-м.н. Округин В.М.

Приводятся первые данные о типоморфных особенностях самородной серы западного фумарольного поля вулкана Кизимен (размеры, цвет, морфология - габитус, микроструктура, химический состав и минеральные ассоциации), полученные методами классической минералогии и современного физико-химического анализа (XRD, аналитическая SEM, ICP).

Ключевые слова: сера, фумарола, вулканы, Кизимен, Камчатка.

ВВЕДЕНИЕ

Вулкан Кизимен – один из активных вулканов Камчатки, относится к Восточно-Камчатскому вулканическому поясу, отличается сложным строением, обусловленным выступами экстррузивных куполов и крупно глыбовыми мощными лавовыми потоками. Он располагается в центральной части Камчатки, в зоне сочленения Щапинского грабена и горста хребта Тумрок. Состав пород - от базальтов до дацитов [2].

Вулкан длительное время находился в состоянии покоя. Его активность была выражена в основном фумарольной деятельностью. Единственное извержение XX века произошедшее в 1928 – 1929 гг. было слабым и носило предположительно взрывной характер (?). Новый этап активности вулкана начался в 2010 г. Это было взрывно-эффузивно-экстррузивное извержение, которое продолжалось до конца 2013 г. [3].

До извержения 2010-2013 гг. на северо-западном склоне вулкана, на высоте 1950 м н.у.м. (в 400 м ниже вершины) располагалась единственная постоянно действующая фумарольная площадка, известная с 1825 г. Температура её фумарол, состав газов, конденсатов и возгоны изучались в 1964-67 гг. [5], 1979-80 гг. [4], в 2009 г. [6]. В конце 2011 г. на западном

склоне привершинной части вулкана (на высотах начиная с 2250 м н.у.м. до вершины), судя по фотографиям с облетов, начало формироваться новое фумарольное поле (рис. 1).

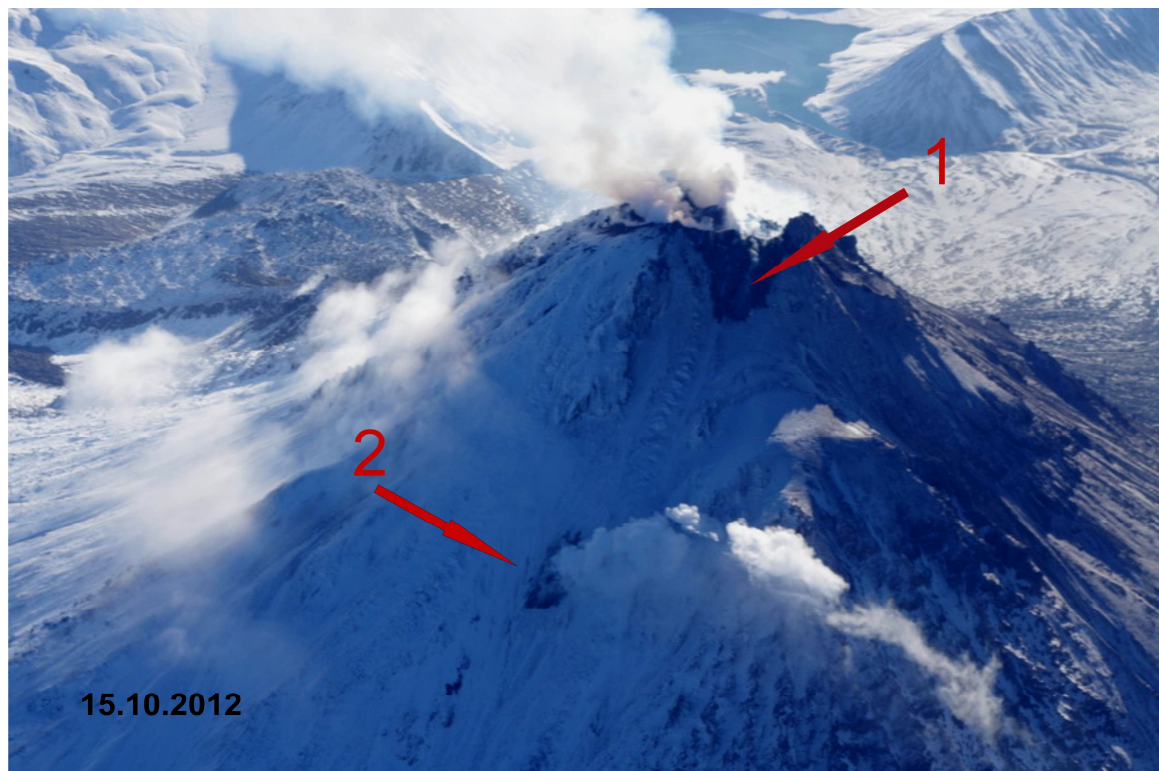


Рис. 1. Слева - ; вулкан Кизимен, вид с запада, 2012 г. 1 – привершинное западное фумарольное поле, 2- постоянно действующее фумарольное поле.

12 октября 2014 г. было проведено обследование привершинного западного фумарольного поля: измерены температуры фумарольных газов, произведен отбор проб вулканического газа и конденсата, взяты пробы серы и снега.

ЦЕЛИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования – изучение типоморфных особенностей самородной серы активных вулканов и вулканогенных месторождений Камчатки.

Основные задачи – изучение типоморфных особенностей (микроморфологии, микроструктуры, химического состава и минеральных ассоциаций) самородной серы новой фумарольной площадки вулкана Кизимен.

Методы исследований: – классическая минералогия и минераграфия с использованием стереомикроскопа Discovery V12 SteREO (Carl Zeiss); – рентгенофазовый анализ (XRD-7000 MAXima Shimadzu, АЦ ИВиС ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский); – аналитическая сканирующая электронная микроскопия Vega 3 Tescan Oxford Instruments X-max 80 mm² (лаборатория вулканогенного рудообразования ИВиС ДВО РАН); – масс-спектрометрия с индукционно связанной плазмой (ICP-MS, АСИЦ ИПТМ РАН, г. Черноголовка).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Авторами выделено три типа агрегатов серы: – натечные корки со слабо пористой текстурой; – массивные агрегаты из сложных сростков кристаллов, трубочек и литифицированных прослоев с мелкими хорошо ограниченными ромбодипирамидальными и ромботетраэдрическими кристаллами размером до 0,5 мм; – одиночные дендритообразные и, редко, скелетообразные сростки кристаллов (вероятно являющиеся псевдоморфозой ромбической серы по моноклинной [1]) (рис. 2).

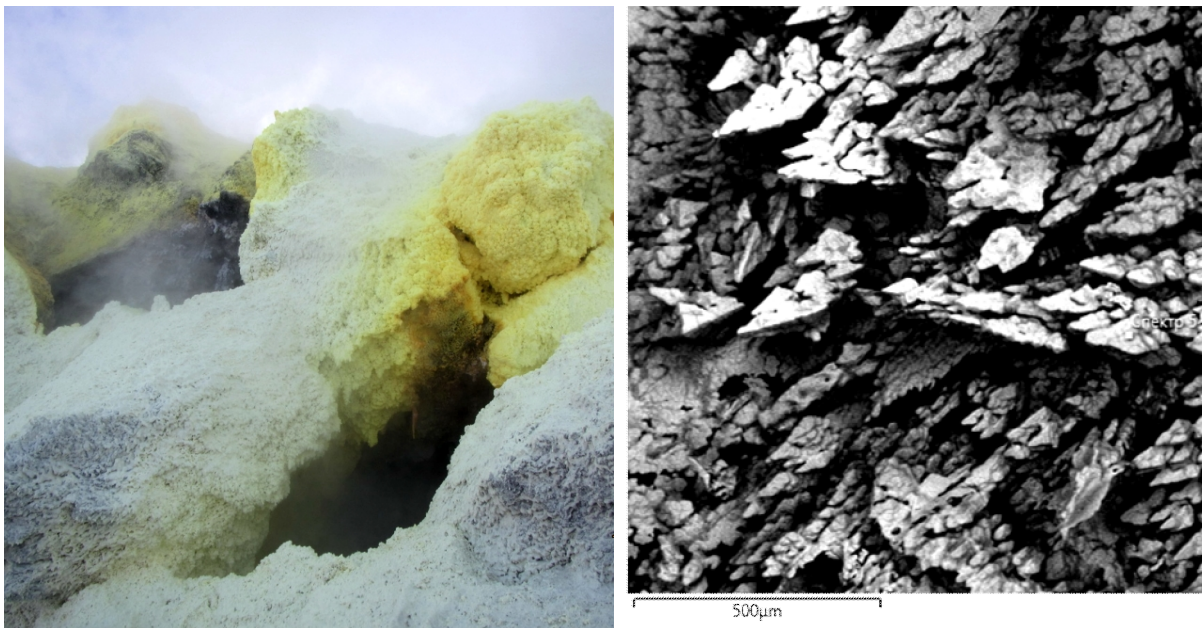


Рис. 2. Морфология агрегатов самородной серы вулкана Кизимен, макрофото (слева) и микрофото в отраженных электронах (справа).

При этом установлено, что значительная часть кристаллов, независимо от типа агрегата, имеет слабо оплавленные грани. В большинстве случаев макроскопический цвет агрегатов желтый с зеленоватым оттенком.

Авторами установлено, что самородная сера западной fumarольной площадки вулкана Кизимен ассоциирует с хлоридами, оксидами, сульфатами и сульфидами (табл. 1).

Таблица 1. Минеральный состав эксгалляций вулкана Кизимен по данным классической минералогии и рентгенофазового анализа.

Минералы	
Серa	S
Нашатырь	NH ₄ Cl
N-H-O-Cl фаза	
Опал	SiO ₂ *nH ₂ O
Алуноген	Al ₂ (SO ₄) ₃ *17H ₂ O
Гипс	CaSO ₄ *2H ₂ O
Гематит	Fe ₂ O ₃
Ангидрит	CaSO ₄
Галотрихит-пиккерингит	(Fe,Mg)Al ₂ (SO ₄)*22H ₂ O
Пирит (марказит)	FeS ₂
Барит	BaSO ₄
Халькантит	CuSO ₄ *5H ₂ O
Галит	NaCl

Микроморфология и химический состав самородной серы изучались с помощью аналитической системы Tescan Vega 3. Установлено, что в спектрах практически всех минералов присутствует хлор (1-10 и более процентов) (рис. 3). Этот факт может быть объяснен захватом микровлю-

чения обогащенной хлором фазы, не выходящей на анализируемую поверхность, или микровключением хлор-содержащих минералов.

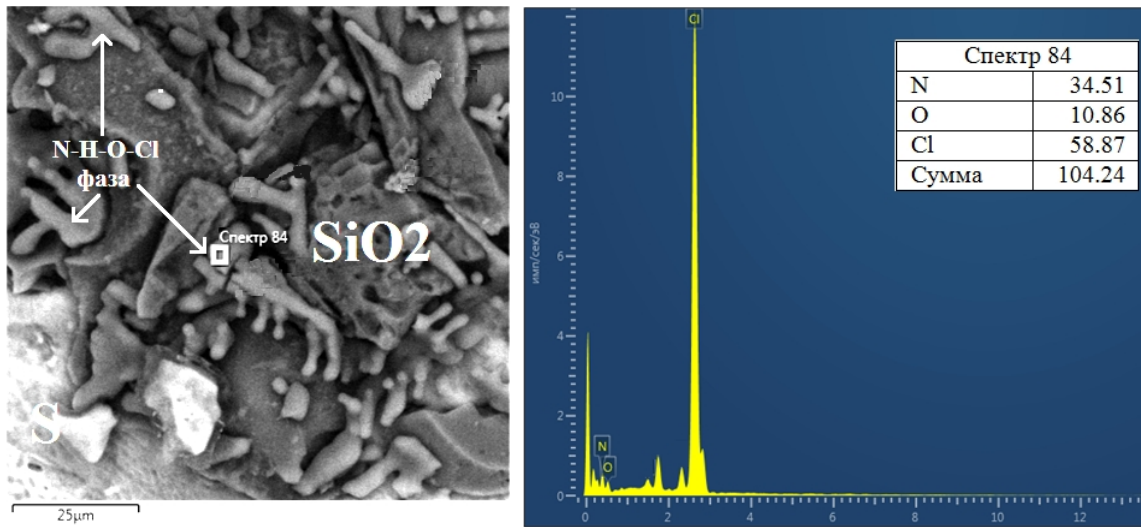


Рис. 3. Микроморфология агрегатов серы, опала и хлор-содержащей фазы (слева) и соответствующий хлор-содержащей фазе спектр (справа).

Результаты ИСР анализа «монофракции» серы, ассоциирующего с ней комплекса сульфатов, конденсата фумарольного газа и снега с фумарольной площадки представлены в таблице 2.

Таблица 2. Химический состав самородной серы, сульфатной смеси и конденсата фумарольного газа.

Элемент	Сера (мкг/г)	Смесь сульфатов (мкг/г)	Снег (мкг/л)	Конденсат (мкг/л)
B	-	-	822,0	2888,0
Na	-	4123,0	-	3912,0
Al	-	20173,0	632,0	2158,0
S	основа	54052,0	20981,0	18734073,0
K	10,3	9329,0	-	7415,0
Ca	57,7	1599,0	4659,0	9027,0
Mn	0,3	117,0	4,8	36,0
Fe	19,6	3789,0	-	1720,0
Zn	0,8	11,5	27,1	284,0
As	-	-	11,3	133,0

Se	637,0	37,6	-	134
Sr	-	13,3	10,7	12,4
Sb	-	0,4	0,5	3,8
Te	0,8	0,3	0,2	31,3
Ba	0,4	352	13,7	86,3
Hg	0,6	-	-	13,8
Tl	-	0,2	0,3	2,9
Pb	-	3,4	1,6	14,0
Bi	-	0,1	0,1	3,1
U	-	0,9	0,1	-

Примечание: предполагается, что содержания химических элементов, выделенных курсивом, обусловлены механической примесью минералов названных элементов; жирным – изоморфной примесью; «-» – содержание элемента в пробе ниже предела обнаружения метода.

Среди химических элементов, обнаруженных в составе самородной серы, максимальных концентраций достигает селен (637 мкг/г), остальные элементы присутствуют в незначительных количествах 0,4 (Ba) – 57,7 (Ca) мкг/г. В смеси сульфатов, судя по полученным результатам, присутствуют сульфаты натрия, алюминия, калия, кальция, марганца, железа, цинка, бария. Содержание селена уменьшается почти в 20 раз, а бария увеличивается более чем в тысячу. При этом в обоих случаях отсутствует мышьяк, а содержания теллура не превышают 0,3-0,8 мкг/г. Интересно, что содержание селена в конденсате вулканического газа практически в 4 раза меньше чем в самородной сере, а содержание цинка более чем в 3000 раз .

ВЫВОДЫ

1. В состав минеральных ассоциаций самородной серы вулкана Кизи-мен входят следующие минералы: алуноген, гипс, аморфный кремнезём (опал), ангидрит, барит, халькантит.

2. Агрегаты серы представляют собой сростки и дендриты ромбических (в основном) кристаллов, рыхлые массивные, местами литифицированные корки с механической примесью ассоциирующих с ней минералов.
3. В отличие от вулканов Авачинский, Мутновский, Горелый, самородная сера отличается крайне убогим спектром таких типоморфных химических элементов, как теллур, мышьяк и селен. Содержание селена не превышает 637 мкг/г, теллура 0,8 мкг/г, а мышьяк не обнаружен.
4. Присутствие мышьяка в конденсатах фумарольного газа и его отсутствие в самородной сере можно объяснить как физико-химическими особенностями кристаллизации, так и флуктуациями состава газов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вулканические серные месторождения и некоторые проблемы гидротермального рудообразования, под ред. Власова Г.М. М., 1971.
2. Иванов Б.В. Андезиты Камчатки. М.: Наука, 2008. 470 с.
3. Кирсанова Т.П., Вергасова Л.П., Юрова Л.М., Таран Ю.А. Фумарольная активность вулканов Шивелуч и Кизимен в 1979 -1980 гг. // Вулканология и сейсмология. 1983. № 3. С. 33-42.
4. Малик Н.А., Максимов А.П., Ананьев В.В. Извержение вулкана Кизимен в 2010–2012 гг. и его продукты // В сборнике «Материалы конференции, посвященной Дню вулканолога, 29–30 марта 2012 г.». Петропавловск-Камчатский, 2012. С. 64-70.
5. Петров В.С. Современная сольфатарная деятельность вулкана Кизимен // Вопросы географии Камчатки. 1970. № 6. С. 124-129.
6. Тембрел И.И., Овсянников А.А. Состояние вулкана Кизимен на Камчатке летом 2009 г. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2009. № 2. Вып. 14. С. 7-9.

NATIVE SULFUR OF VOLCANO KIZIMEN

Malik N.A, Plutahina E.Yu.

This article presents the first data on the size, color, morphology (habitus), micro-structure, chemical composition and mineral association of western fumarole field native sulfur on the volcano Kizimen obtained by the methods of mineralogy and physical-chemical analysis (XRD, IR spectroscopy, analytical SEM)

Keywords: sulfur, fumarole, volcanoes, Kizimen, Kamchatka.