

УДК 553.661.2

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ФУМАРОЛЬНОЙ СЕРЕ АВАЧИНСКОГО ВУЛКАНА

Плутахина Е.Ю.^{1,2}, Малик Н.М.²

¹*Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга*

²*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

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

Приводятся новые данные о химическом составе самородной серы и талой воды (снежный покров), взятых на вершине вулкана Авачинский в 2013 году. Впервые в самородной сере обнаружен широкий спектр химических элементов при высоких содержаниях мышьяка, селена, теллура и ртути. Установлена корреляция химического состава фумарольной серы и талых вод. Полученные данные могут свидетельствовать о возможной активизации вулкана.

Ключевые слова: сера, снег, вода, Камчатка, вулканы, Авачинский вулкан.

ВВЕДЕНИЕ

Авачинский вулкан – один из наиболее активных вулканов, располагающихся в непосредственной близости от краевого центра. В течение XX века он неоднократно извергался. Последнее крупное эффузивно-пирокластическое извержение произошло в 1991 году. Лава заполнила кратер вулкана и излилась несколькими лавовыми потоками, застывшими на его склонах. В октябре 2001 года произошло фреатическое извержение, вследствие которого на лавовой пробке образовался ров глубиной до 7-20 м, шириной до 5-10 м и протяженностью 800-1000 м. Одной из особенностей извержений 1991 и 2001 гг можно считать то, что фумаролы «Серного гребня» на юго-западной части вулкана практически не изменили своё местоположение, что может говорить о ненарушенности вулканогидротермальной системы. [2, 6],

К отдельным участкам трещины на вершине вулкана ныне приурочены фумаролы, температура нескольких из которых в 2013 году составляла 600°C и более [5].

Изучение химического состава фумарольных минералов Авачинского вулкана может помочь для анализа состояния вулкана, степени его активности и, возможно, стать одной из современных основ определения чётких предвестников его извержения.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ФУМАРОЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВУЛКАНА

При посещении вулкана в сентябре 2013 года рудно-генетическим отрядом лаборатории вулканогенного рудообразования в рамках Мутновской рудно-магматической школы были осмотрены фумарольные площадки его вершины. Фумаролы сосредоточены преимущественно на концах рва, образовавшегося в лавовой пробке и в желобе на контакте пробки с гребнем кратера. Среди фумарольных площадок выделяется «Серный гребень» (рис. 1).

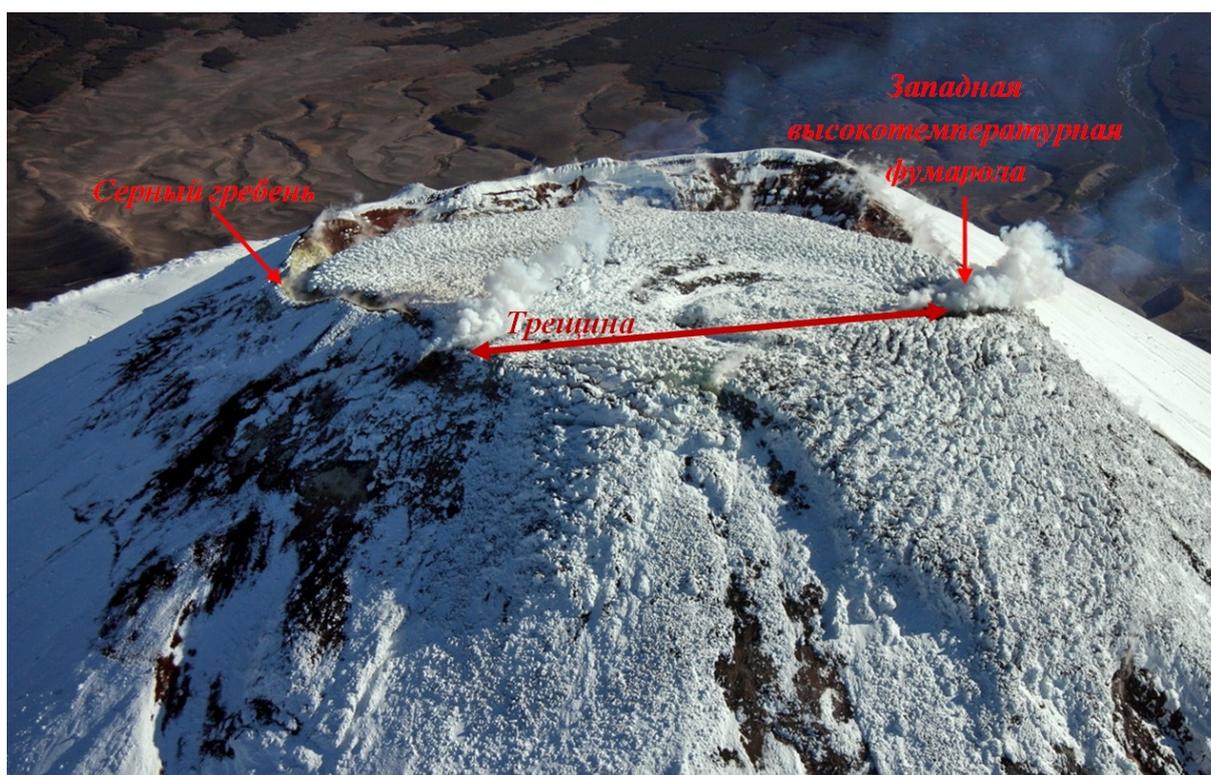


Рис. 1. Вершина вулкана Авачинский. Фото Сокоренко А.В., октябрь 2013 г.

Фумарольные отложения и газово-паровые смеси вулкана Авачинский изучаются на протяжении практически века. По частоте встречаемости и масштабам отложения, ведущим минералом в них является сера, что

видно из таблицы 1 [6]. Но химический состав серы ранее не изучался пристально. Диагностика этого минерала, в основном, базировалось на рентгенофазовом анализе и классических методах минералогии.

Таблица 1. Минеральный состав эксгальций вулкана Авачинский [6].

	Минералы	[1]	[4]	После 1991г.	2013 г.	
Главные	Сера	S	+	+	+	+
	Опал	SiO ₂ *nH ₂ O	+	+	+	
	Гипс	CaSO ₄ *2H ₂ O	+	+	+	+
	Алуноген	Al ₂ (SO ₄) ₃ *17H ₂ O	+	+	+	
Подчинённые	α-кristобалит	SiO ₂	-	-	+	
	Гематит	α-Fe ₂ O ₃	-	+	-	+
	Лимонит	Fe ₂ O ₃ *nH ₂ O	-	+	-	
	Ангидрит	CaSO ₄	+	-	-	+
	Галотрихит-пиккерингит	(Fe,Mg)Al ₂ (SO ₄)*22H ₂ O	+	+	+	+
	Пирит	FeS ₂	+	+	+	+
	Марказит	FeS ₂	+	+	-	
	Галит	NaCl				+
Редкие	Сассолин	B(OH) ₃	+	-	+	+
	α-ральстонит	Na _x Mg _x Al _{2-x} (F,OH) ₆ *H ₂ O	-	-	+	-
	Глауберит	Na ₂ Ca(SO ₄) ₂	+	-	-	
	Вольтаит	K ₂ Fe ₅ ²⁺ Fe ₄ ³⁺ (SO ₄) ₁₂ *18H ₂ O	+	-	-	-
	Халькантит	CuSO ₄ *5H ₂ O	+	-	-	-

Примечание: «+» минерал обнаружен, «-» не обнаружен.

Известно, что минеральный состав вулканических эксгальций, а, следовательно, и отлагающихся минералов, напрямую зависит от состава и состояния слагающих пород и гидротермальных растворов.

Главным минералом вулканических эксгаляций Авачинского вулкана является сера. Это показательный минерал. Её цвет меняется как от механических и изоморфных примесей, так и от температуры образования (например, при температуре образования до 100°C сера ярко-желтая, а при 2000-250 °C – коричнево-желтая). Сера, в основном, создаёт корочки, натечные формы, плотные кристаллические агрегаты, обрамляет устья фумарол и образует налёты на парящих площадках [6].



Рис. 2. Выходы фумарол отложениями самородной серы на Серном гребне.
Фото Сокоренко А.В., октябрь 2013 г

ЦЕЛИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

7 сентября 2013 года из кольцевой трещины Серного гребня рудно-генетическим отрядом лаборатории вулканогенного рудообразования в рамках Мутновской рудно-магматической школы были отобраны образцы самородной серы. Они изучены классическими минералогическими методами в сочетании с рентгенофазовым анализом и методом индукционно связанной плазмы.

Рентгенофазовый анализ проб осуществлялся в АЦ ИВиС ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский; аналитик: М.А. Назарова.

Химический анализ методом индукционно связанной плазмы выполнен в АСИЦ ИПТМ РАН, г. Черноголовка; аналитик: В. К. Карандашев.

Целью исследований стало изучение типоморфных особенностей минералов вулканических эксгаляции, в частности получение новых данных о химическом составе фумарольной серы Авачинского вулкана

Для подтверждения спорных данных и расширения базы данных о объекте исследования 16 апреля 2014 года, выше Западной фумаролы отобран снег. Талая вода проанализирована методом ИСП.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изученный образец серы с фумарольной площадки «Серного гребня» внешне представлял собой полнокристаллический агрегат серы ярко-желтого цвета на белом, волокнистом минерале, впоследствии определённом как галотрихит. Этот же минерал образует налёты на кристаллах серы.

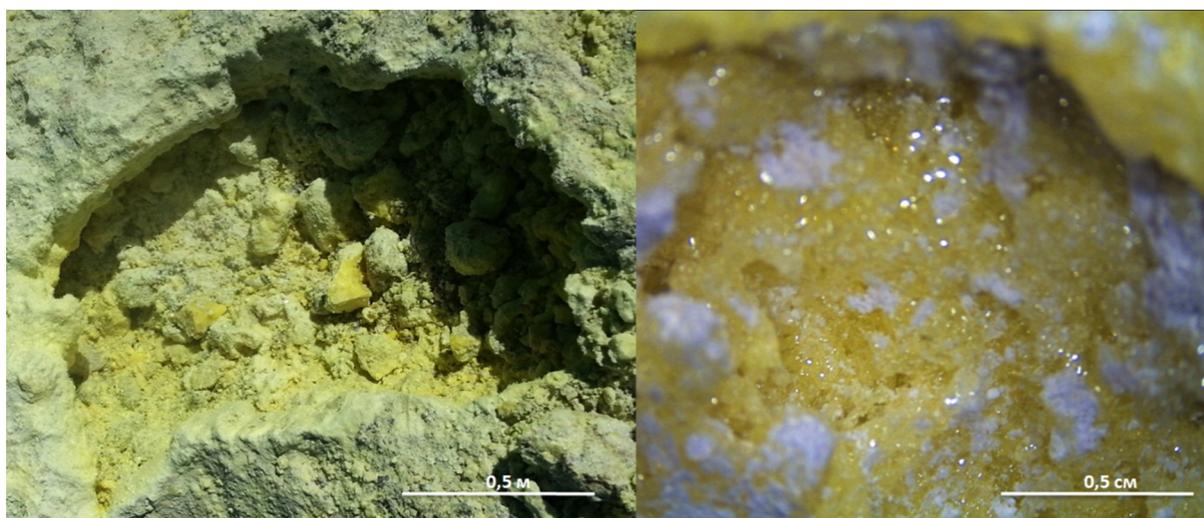


Рис 3. Фумарольное отверстие (слева) и сера с образца из этой фумаролы (справа).

При исследовании рентгенофазовым методом образец оказался классической серой с орторомбической кристаллической решеткой. Рентгенограмма образца представлена на рисунке 2.

Большой интерес представляют результаты изучения серы методом спектрометрии с индукционно связанной плазмой, представленные в таблице 2.

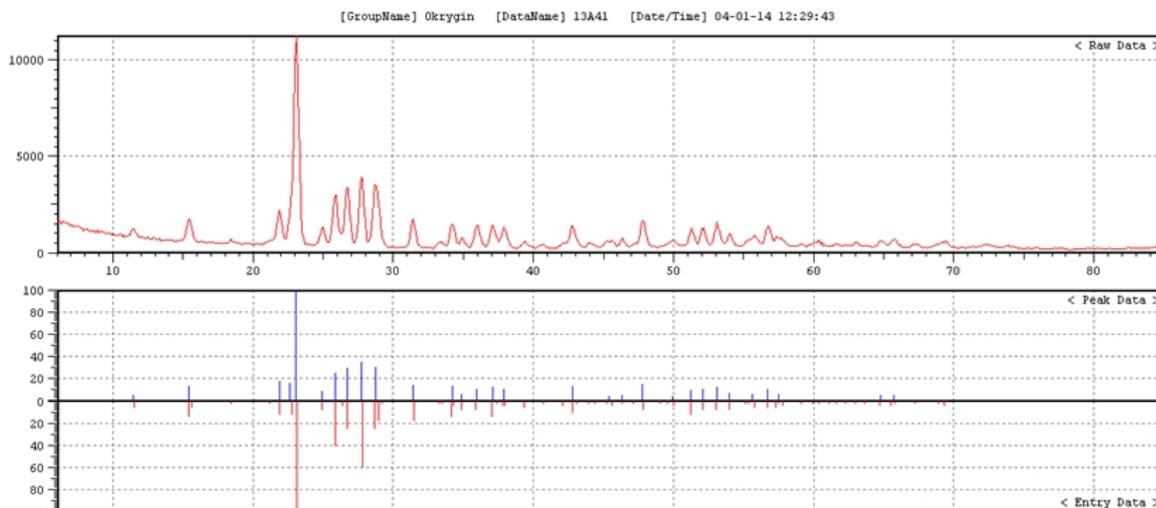


Рис. 4. Результаты рентгенофазового анализа серы Авачинского вулкана.

Таблица 2. Химический состав самородной серы и талых вод (снег с вершины) вулкана Авачинский (в ppb).

№	Элемент	Серя	Талая вода ¹	Талая вода ²
1	B	12612,54	7621,65	79,75
2	Na	37489,81	338,91	92,04
3	Mg	31692,18	120,61	34,15
4	Al	0,00	365,48	65,58
5	Si	0,00	5182,62	54,47
6	S		38654,99	1886,99
7	K	25763,99	256,78	83,47
8	Ca	329840,25	1006,61	758,06
9	Sc	0,00	< 12	0,00
10	Ti	101434,22	14,44	0,00
11	V	475,96	0,66	0,00
12	Cr	0,00	0,00	0,00

13	Mn	1428,29	5,98	0,97
14	Fe	93211,15	243,07	39,48
15	Ni	0,00	1,97	0,72
16	Cu	8794,22	10,96	3,80
17	Zn	704,26	164,25	8,27
18	Ga	0,00	< 0,09	0,00
19	Ge	0,00	0,00	0,00
20	As	6720409,97	277,06	1,62
21	Se	3559714,42	0,00	0,00
22	Br	0,00	994,76	0,00
23	Sr	1100,00	2,89	0,98
24	Ba	3211,72	10,16	7,61
25	Hg	46629,88	0,04	< 0,04
26	Pb	118220,39	54,31	1,08
27	Li	48,35	0,09	0,04
28	Be	0,00	0,01	0,00
29	Rb	54,00	0,53	0,13
30	Y	104,14	0,12	0,05
31	Zr	1122,21	1,26	0,02
32	Nb	48,36	0,04	0,00
33	Mo	1438,99	0,44	0,21
34	Ag	40,84	0,01	0,00
35	Cd	1314,18	4,22	0,11
36	In	590,80	0,26	0,00
37	Sn	8182,18	4,56	0,03
38	Sb	14056,52	12,87	0,23

39	Te	802449,84	0,10	0,11
40	Cs	17,12	0,14	0,01
41	La	47,25	0,08	0,05
42	Ce	111,90	0,17	0,10
43	Pr	17,15	0,02	0,01
44	Nd	94,31	0,11	0,06
45	Sm	24,64	0,02	0,01
46	Eu	6,21	0,00	0,00
47	Gd	26,88	0,03	0,01
48	Tb	0,00	0,00	0,00
49	Dy	25,78	0,02	0,01
50	Ho	5,01	0,00	0,00
51	Er	14,85	0,02	0,01
52	Tm	2,62	0,00	0,00
53	Yb	13,92	0,01	0,00
54	Lu	3,19	0,00	0,00
55	Hf	47,02	0,29	0,00
56	Ta	0,00	0,01	0,00
57	W	138,32	0,05	0,01
58	Re	5453,73	0,06	0,00
59	Tl	8526,50	3,76	0,07
60	Bi	12999,71	0,88	0,13
61	Th	11,22	0,03	0,00
62	U	3,50	0,00	0,00

Примечание: анализы выполнены в АСИЦ ИПТМ РАН, г. Черноголовка; аналитик: В. К. Карандашев. "Талая вода¹" - снеговая вода с вершины Авачинского вулкана, апрель 2014. "Талая вода²" - снеговая вода с вершины Авачинского вулкана, апрель 2013.

При данной точности определения в таблицу не вошли элементы Р, Со, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, Au так как их содержания были ниже предела обнаружения.

ВЫВОДЫ

1. Впервые в самородной сере Авачинского вулкана обнаружен широкий спектр таких химических элементов, как As, Se, Te, Hg, Pb, Tl, In, Re, Mo, Cd, Sb, W, Bi, Ag, лантаноиды.

2. Впервые в химическом составе фумарольной серы Авачинского вулкана обнаружены аномально высокие концентрации As, Se, Te, Hg.

3. Установлена положительная корреляция между содержаниями большинства химических элементов, присутствующих в фумарольной сере и талой воде снега, взятой с вершины вулкана.

4. Высокие содержания бора могут указывать на «глубинное происхождение» источника питания фумарольной серы.

5. Предполагается, что такая аномальная «нагруженность химическими элементами» фумарольной серы может свидетельствовать о возрастающей активности вулкана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заварицкий А.Н. Вулкан Авача на Камчатке. М.: Наука, 1977. 306 с.
2. Иванов Б.В., Флеров Г.Б., Масуренко Ю.П. и др. Динамика и состав продуктов извержения Авачинского вулкана в 1991 г. // Вулканология и сейсмология, 1995, №4-5, с. 5-27.
3. Кирсанов И.Т., Медведева Г.Г., Серафимова Е.К. Фумарольная деятельность Авачинского и Корякского вулканов. // Бюл. вулканол. станций. 1964, №38, с. 3-32.
4. Крайнов С.Р., Швец В.М. Основы геохимии подземных вод.
5. Малик Н.А., Зеленский М.Е. О температуре и составе газа fumarol вулкана Авачинский в 2012-2013 г. // Материалы ежегодной конференции, посвященной Дню вулканолога «Вулканизм и связанные с ним процессы», 2014.
6. Серафимова Е.К., Овсянников А.А., Муравьев Я.Д. Вулканические эксгаляции вулкана Авачинский в постэруптивном процессе после извержения 1991 г. // Вулканология и сейсмология, 2002, №4, с. 22-30.

NEW DATA ON SULPHUR AVACHA VOLCANO FUMAROLE

Plutahina E.Yu., Malik N.M.

New data on the chemical composition of native sulfur and meltwater (snow), selected from the top of the volcano Avachinskiy in 2013. First detected in native sulfur wide range of chemical elements at high concentrations of As, Se, Te and Hg. A correlation between the chemical composition of sulfur fumaroles and meltwater is detected. The data obtained may indicate a possible activation of the volcano.

Keywords: sulfur, snow, water, Kamchatka, volcanoes, Avachinskiy volcano.