

Таллий и мышьяк в продуктах деятельности Авачинского вулкана
Н.А. Малик¹, В.М. Округин¹, Е.Ю. Плутахина¹, В.В. Козлов²¹*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: okrugin74@gmail.com*²*Oxford Instruments OM - Moscow Office, Москва, 105005*

Приведены результаты изучения форм нахождения мышьяка и таллия в продуктах извержения Авачинского вулкана. Показано что таллий и мышьяк типоморфные химические элементы продуктов взаимодействия вулканических газов с базальтами и андезибазальтами. Собственные минералы таллия – лафоссаит, наталиямаликит; мышьяка – реальгар, аурипигмент, арсеносульфурит. Мышьяк в качестве элемента-примеси входит в состав самородной серы. В сублиматах таллий образует сложные соединения типа Pb_2TlCl_5 . А мышьяк – мышьяковистая сера, арсенолит, кислородсодержащие фазы.

Геохимическая эволюция тяжелых металлов и токсичных соединений – одна из важнейших проблем геохимии. Исследования форм нахождения мышьяка и таллия, их природы, условий миграции и концентрирования, накопления «критических» количеств и разработки мероприятий для утилизации, были и остаются главными задачами научных исследований. Камчатский край обладает всеми необходимыми условиями для таких исследований [5]. Таллий стал предметом пристального внимания, благодаря обнаружению нового минерала, названного наталиямаликит [7]. Таллий присутствует в составе конденсатов фумарольных газов, возгонах и сублиматах и некоторых других вулканов [1].

В работе приводятся результаты изучения минерального и химического состава твердых продуктов извержения. Работы выполнялись в течение 2013-2019 гг. [2, 3, 4]. Образцы отбирались в прикратерной зоне на участках выхода наиболее высокотемпературных фумарол (возгоны). А также из кварцевых трубок, погруженных в их устьевые части. При охлаждении фумарольных газов, протекавших через такие трубки, на их стенках происходило отложение разнообразных соединений (сублиматы).

Возгоны. Собственные минеральные формы мышьяка: реальгар (AsS), аурипигмент (As_2S_3), арсеносульфурит (S,As).

Реальгар и аурипигмент – единичные идиоморфные кристаллы. Размеры кристаллов от первых мкм до 1 мм. Единичные находки.

Арсеносульфурит - рентгеноаморфные натечные и почкообразные агрегаты различных оттенков рыжего цвета. Они образуют плотные корки, часто с пористым поверхностным слоем. Содержания мышьяка в них варьируют от первых до 70 вес. %. Они характеризуются четко выраженным зональным строением по мышьяку. Формулы наиболее распространенных фаз $As_2S_7 - As_2S_5 - As_2S_3 - AsS$.

В самородной сере мышьяк обнаружен в виде примеси достигающей 600 ppm [6].

В возгонах диагностировано два минерала таллия – лафоссаит (Tl,(Cl,Br)) и наталиямаликит (TlI). Это кристаллы кубического габитуса. Лафоссаит встречен только в виде единичных кристаллов размером до 20 мкм. Наталиямаликит - единичные зерна и их срастания до 150 мкм распространены на поверхности самородной серы и арсеносульфурита.

Сублиматы. Мышьяк в сублиматах представлен мышьяковистой серой (S,As), арсенолитом (As_2O_3), кристаллами кислородсодержащих фаз (AsOI, AsSOI).

Мышьяковистая сера - оранжево-коричневые стёкла с мощностью до 6 мм, слагает до 80 % массы сублиматов в отдельных трубках (рисунок и). Рентгеноаморфная, содержания мышьяка до 75 вес.%. Обогащена селеном и теллуrom (до 7 вес.% в сумме), редко йодом (до 2 вес.%). На её поверхности обнаружено большое количество галоидных соединений: галит, сильвин, котунит $PbCl_2$, чаллаколлоит

KPb_2Cl_5 , кристаллы $Pb_2Tl(Cl,I,F)_5$, TlI и $Tl(Cl,Br)$ (рисунок в, ж, з). Ряд аммонийсодержащих фаз, диагностика которых затруднена (рисунок а, б, з).

Впервые обнаружены соединения таллия с кадмием и хлором – $TlCd_6K_5Cl_{16}$ (?) (рисунок а, б).

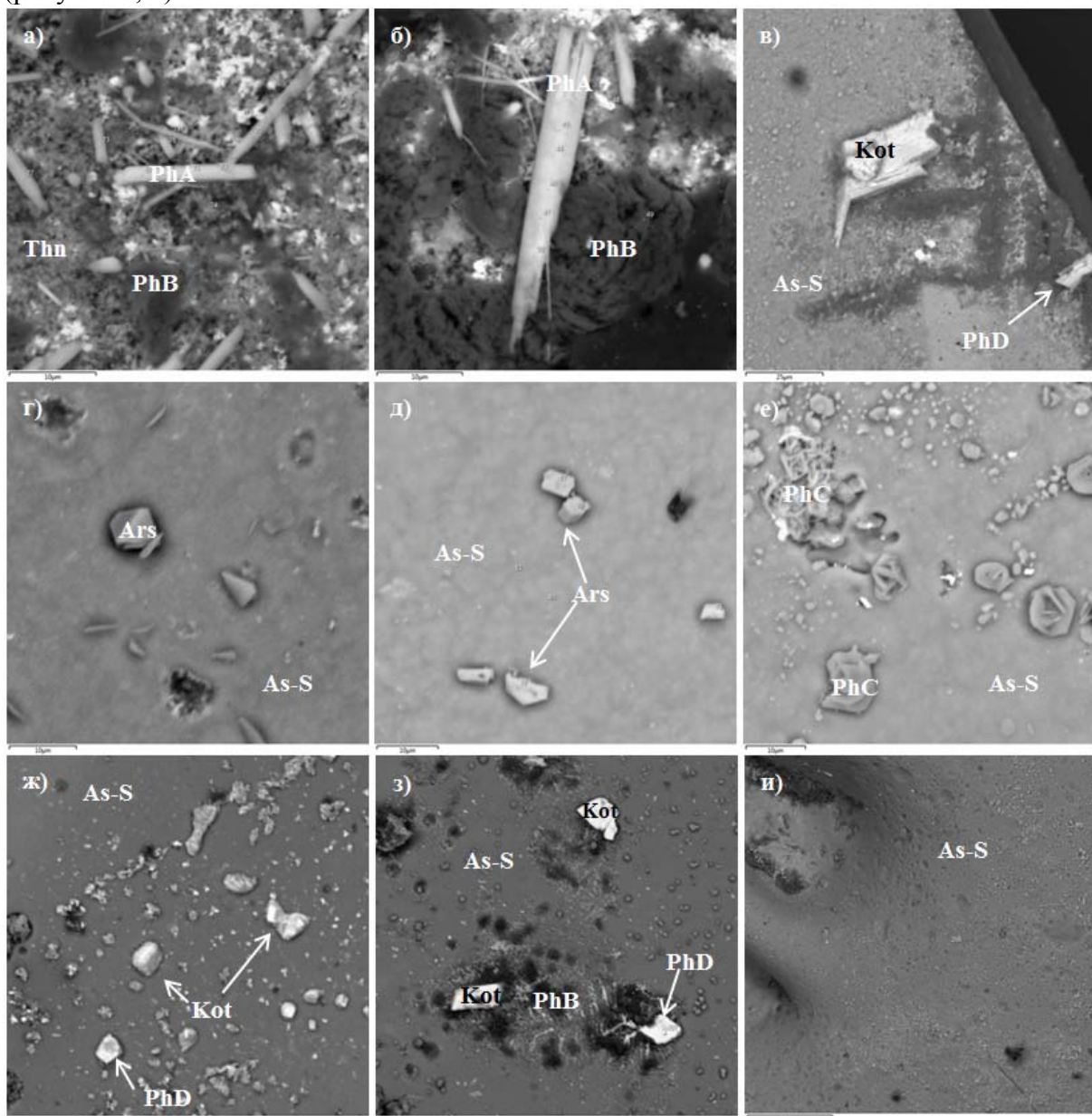


Рисунок. Формы выделения: а) хлорида кадмия, таллия и калия (PhA, $TlCd_6K_5Cl_{16}$?) на тенардите (Thn, $NaSO_4$); в) котунит (Kot, $PbCl_2$) на мышьяковистой сере (As-S); г-д) арсенолит (Ars, AsO_4), матрица - мышьяковистая сера; е) пластинчатые кристаллы и "железные розы" оксихлорида мышьяка (PhC, $As_5S_4O_7Cl_2$?); ж) хлорид-йодида таллия и свинца на мышьяковистой сере (PhD); з) хлорид-йодидов свинца и хлорида свинца и таллия на мышьяковистой сере, самые темные фазы – аммонийсодержащие минералы (PhB). и) Структура поверхности мышьяковистой серы.

Арсенолит - единичные кристаллы различного габитуса. Их размеры не превышают первых десятков мкм (рисунок г, д).

Кислородные соединения мышьяка с йодом и серой образуют пластинчатые агрегаты похожие на "гематитовые розы" рисунок е). Количество мышьяка варьирует от 40 до 47 вес.%, йода от 2 до 15 вес.%.

Йодид таллия со свинцом Pb_2TlCl_5 установлен в виде единичных удлинённых призматических кристаллов длиной до 15 мкм (рисунок ж, з). Они отличаются

неоднородным по составу строением за счёт локального обогащения йодом, бромом, фтором до первых вес.%.

Tl и Tl(Cl,Br) присутствуют в виде единичных кристаллов кубического габитуса. Размер не превышает 30 мкм.

Таллий и мышьяк – типоморфные химические элементы фумарольно-сульфатарной деятельности Авачинского вулкана. Они отличаются разнообразием минеральных форм и образуют примеси в составе галогенидов, сульфидов, оксидов и сульфатов. Таллий и мышьяк относятся к числу наиболее токсичных химических элементов. Изучение концентраций, форм нахождения, роли в оценке состояния вулкана (прогноз активности), влияния на окружающую среду и качество жизни Человека имеет важное как научное, так и практическое значение.

Список литературы

1. *Зеленский М.Е., Казьмин Л.А., Округин В.М.* Моделирование геохимических процессов на вулкане Мутновский (Южная Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2004. № 5. С.1-14.
2. *Округин В.М., Малик Н.А., Москалева С.В. и др.* Новые данные о минералах в продуктах фумарольной деятельности Авачинского вулкана (2013-2014 гг.) // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы региональной научной конференции, посвящённой Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2015. С. 275-278.
3. *Округин В.М., Малик Н.А., Плутахина Е.Ю.* Экспериментальное изучение распределения химических элементов на Авачинском вулкане (2013-2014 гг.) // Материалы XXXII Крашенинниковских чтений. Петропавловск-Камчатский, 2015. С. 261-266.
4. *Округин В.М., Малик Н.А., Плутахина Е.Ю. и др.* Новые данные о возгонах и сублиматах Авачинского вулкана (2014-2015 гг.) // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы научной конференции, посвящённой Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2016. С. 400-405.
5. *Округин В.М., Малик Н.А., Плутахина Е.Ю. и др.* Мышьяк в продуктах Авачинско-Корякского вулканического центра (историко-экологические исследования) // Материалы XXXIV Крашенинниковских чтений «... Во все концы достигнет россов слава», Петропавловск-Камчатский, 2017. С. 289-294.
6. *Плутахина Е.Ю., Малик Н.А.* Примеси в самородной фумарольной сере // Материалы Юбилейного съезда Российского минералогического общества «200 лет РМО». СПб. 2017. Т.2. С. 301-302.
7. *Okrugin V.M., Favero M., Liu A. et al.* Smoking gun for thallium geochemistry in volcanic arcs: nataljamalikit, Tl, a new thallium mineral from an active fumarole at Avacha Volcano, Kamchatka Peninsula, Russia // American Mineralogist. 2017. Vol. 102. P. 1736–1746.