

Возгоны вулкана Алаид (о. Атласова, Курильская островная дуга)**В.В. Петрова¹, В.А. Рашидов^{2,3}, Л.П. Аникин², Н.В. Горькова¹, В.В. Михеев¹**¹Геологический институт РАН, Москва, 119017; e-mail: v.petrova.v@gmail.com²Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский³Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток

В период 2013-2019 гг. на склонах и вершине вулкана Алаид, расположенного в северной части Курильской островной дуги на о. Атласова, во время проведения комплексных геолого-геофизических исследований были опробованы возгоны [1-6].

На склонах Алаида в различных частях о. Атласова большая часть возгонов содержит Cu и Fe. Их выделения наблюдаются в виде участков материнских лав, окрашенных в зеленые, желтоватые, белесые цвета площадью до 1 м² и мощностью до 1 мм. Зеленые возгоны – шаровидные выделения, среди которых выделяется два типа: полнокристаллические шары, состоящие из единичных кристаллов и групп хорошо образованных ромбических или плоских кристаллов (рис. 1а-г), и шары коломорфной внутренней структуры (рис. 1д-з). Белесые и желтоватые возгоны – так же комковатые выделения, но не раскристаллизованные, а состоящие из коломорфных шаров (гидроксиды железа с наибольшим количеством меди и других элементов) и неоднородных мелких отдельных новообразованных минералов (апатит, альбит).

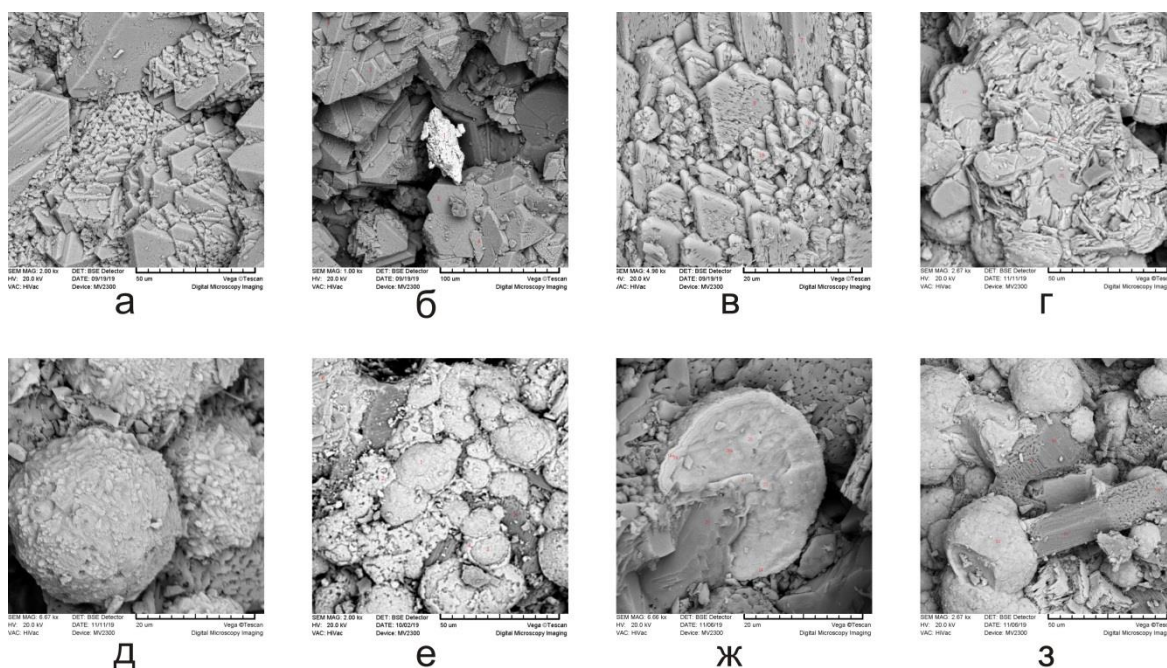


Рис. 1. Морфология возгонов атакамита

Зеленые возгоны склонов

Полнокристаллические рудные образования. Химический состав кристаллов достаточно простой. Неизменный минерал стабильно содержит ~64 масс.% меди, 19 масс.% хлора, 16 масс.% кислорода. Пересчет этих данных приводит к следующей формуле минерала: Cu_2O_2Cl .

Очевидно, что наиболее ранними и наиболее крупными являются псевдоромбические кристаллы атакамита. Интерстиции между крупными кристаллами заполнены мелкими островершинными кристаллами, сходными по морфологии с анатакамитом (рис. 1).

Детальные микронзондовые анализы отдельных крупных кристаллов (рис. 1) показывают, что наиболее плотные из них имеют стабильный, однородный химический состав, который характеризуется присутствием только меди, хлора и кислорода.

Коломорфные рудные образования. Это корочки или опаловидные массы с натечной, иногда пузырчатой поверхностью, размером до 20 см в диаметре, имеющие скорлуповатую структуру. Начальной стадией кристаллизации глобулы (рис. 1ж) является нарастание ее на слюдяного облика кристалл, в составе которого определено большое количество железа, меди, присутствуют кремний и алюминий, отсутствует хлор. Такой состав характерен для минерала переменного состава и не установленной до сей поры кристаллической структуры, названного хризоколлой. Чуть позже слюдяного минерала наблюдается формирование моноклинных кристаллов. В них, по сравнению со слюдяной затравкой, количество меди резко возрастает (с 19 до ~50 масс.%), а содержание всех остальных элементов падает, появляется хлор.

Следующая стадия развития глобулы – формирование скрытокристаллической или псевдоаморфной субстанции, состоящей из оксида меди, примесных элементов и небольшого количества хлора. Образование этой зоны происходило без временных перемен, в ней просматриваются участки аморфной структуры и структуры с намеками на кристаллические образования. Эти участки неоднородны по составу, количество меди в них колеблется от 50% до 80%, что является свидетельством неоднородности геохимических процессов, происходящих в пространстве глобулярных выделений. Эта зона в строении глобулы занимает основное место и имеет наибольшую мощность.

По неоднородной границе, местами резкой, местами слабо проявленной, с некоторым временным перерывом, формируется заключительная поверхностная оторочка. Она представляет собой довольно плотное слоистое образование, содержащее максимально высокое количество Cu (до 81%).

В отдельных случаях наблюдается разрушение скорлуповатых структур коллоидных «шаров», частичное разложение их внешних оторочек и переотложение рудного материала в свободных межглобулярных пространствах (рис. 1е). В этих случаях содержание меди в рудных образованиях несколько уменьшается, но возрастает количество хлора. В меньшей степени межглобулярные пространства могут заполняться гидроксидами железа.

Новообразования подстилающей зоны кислотного выщелачивания. Эти новообразования «просвечивают» сквозь межзерновые пространства, не занятые рудным материалом (рис. 1д,з). Химические анализы показывают, что в измененной породе присутствуют адуляр, альбит и апатит.

Возгоны прикратерной части

Впервые для извержений вулкана Алаид были изучены возгоны прикратерной части извержения 2015-2016 гг. [1]. Главными из них являются опал и гидроксиды железа. Помимо корок или покровов опала ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) и налетов гидроксидов железа ($\text{FeO} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) – обычных минералов прикратерной зоны окисления, в ассоциации с ними, присутствуют редкие элементы Cr, Cu, Zn, Ag, Au, Pd и их минералы. Они встречаются в виде самородных металлов (CuZn) и (AuPd), (CrAuPd), оксидов – хромшпинели $\text{Fe}^{+2}(\text{Fe}^{+3}\text{Cr})_2\text{O}_4$ и эсколаита Cr_2O_3 , карбонатов – сидерит (FeCO_3), сульфидов – AgS, сульфатов – гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

В возгонах прикратерной части наиболее распространены золото и палладий (рис. 2а,б), которые обычно встречаются совместно в виде соединений палладиевого золота (AuPd). Химический состав соединений не постоянный. Как правило, количество палладия высокое, почти равное или реже превышающее количество золотого компонента. Очень редко золота в два раза больше чем палладия.

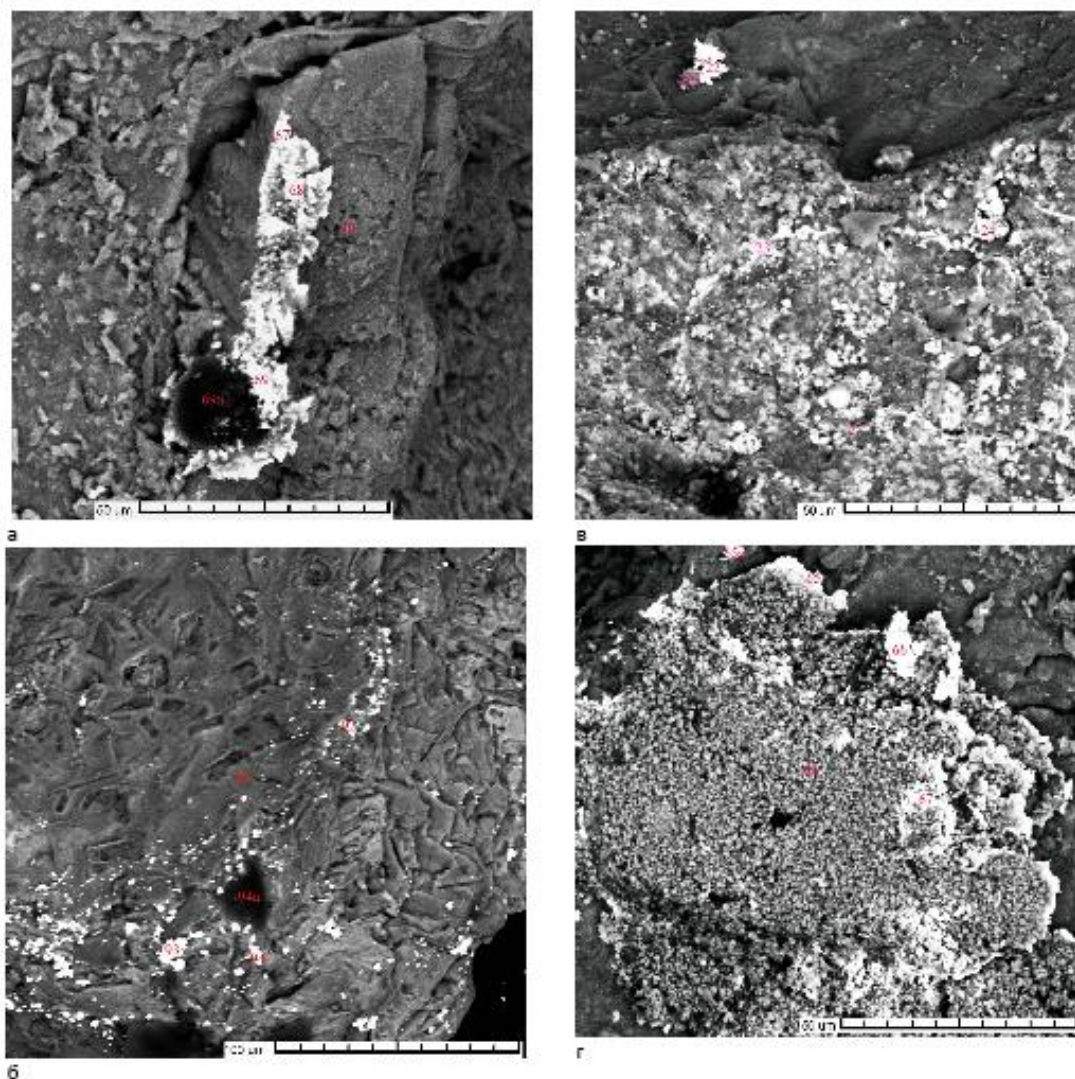


Рис. 2. Морфология возгонов золота, палладия, серебра и хрома: а – золото-палладиевые возгоны вблизи порового пространства, заполненного опалом; б – прожилков самородного золота (ярко белые комковатые выделения) вблизи газовой пустоты, в бортах которой повышенное содержание двуокиси углерода; в – выделение самородного серебра вблизи поля развития гидроксидов Fe; г – возгон хромовой зелени (эсколаит?), отороченный Cr-Au-Pd интерметаллическими соединениями (ярко белые).

В возгонах прикратерной части определен и сульфид серебра (рис. 2в). Пересчет анализа позволяет определить минерал как аргентит Ag_2S с легким недостатком серы и небольшой (~1.5%) примесью золота.

Хром присутствует в двух минеральных видах – хромшпинели $Fe^{+2}(Fe^{+3}Cr)_2O_4$, в которой содержание Cr_2O_3 составляет от 15 до 20 мас.% и оксида хрома (хромовая зелень – эсколаит – $Cr_2O_3 = 94.17$ мас.%). Наиболее богатые золото-палладиевые соединения оконтуривают выделения Cr и осаждаются в конце процесса формирования ассоциации Cr-Au-Pd (рис. 2г).

Медь и цинк встречены только совместно либо в виде соединений ($CuZn$), либо в виде карбонатов. Количество меди и цинка переменное, при этом меди по сравнению с цинком больше от 1.3 до 2.6 раз. Металлическая латунь встречается в виде тонких пластинок неправильной дендритоподобной формы, а минеральные разности комковатые с нечеткими очертаниями.

Практическое отсутствие хлорных и сернистых соединений отличает возгоны Алаида извержения 2015-2016 гг. от возгонов на многих других вулканах.

Заключение

На склонах вулкана Алаид обнаружено три генетических типа возгонов. Первый – это кристаллизация (свободный рост) из гидротермальных или парогидротермальных истинных растворов. К этому типу относятся новообразованный атакамит (и его полиморфные разновидности), апатит, оксиды и сульфиды металлов, самородные металлы. Второй тип – медные и железистые колломорфные отложения, которые образовались в результате выпадения осадка из коллоидных растворов. Третий тип (наиболее ранний) – кислотное выщелачивание материнских лав и дальнейшее преобразование новообразованных минералов, выраженное в их частичном растворении и частичном изменении химического состава. Возгоны всех выделенных типов богаты медью.

В возгонах терминального извержения вулкана Алаид 2015-2016 гг. преобладают оксиды и гидроксиды, реже встречаются карбонаты и гидрокарбонаты, сульфиды и сульфаты – единичные находки. В этих возгонах впервые установлено присутствие соединения (AuPd), которое переносится гидротермальными растворами в виде комплексных соединений и осаждается в кислой среде одновременно с опалом. Не с опалом, а с гидроксидами железа ассоциируют Cr. В данном случае, формы выделений возгонов, как железа, так и хрома, не исключают возможности их формирования при бактериальном синтезе компонентов базальта, растворенных под действием кислых газов.

Как оксидные, так и металлические соединения Cu и Zn встречаются вблизи газовых пустот, около которых зафиксировано повышенное содержание углекислого газа. AgS – единственный возгон, встреченный в соединении с серой. По-видимому, возгоны этих элементов являются наиболее высокотемпературными.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 18-05-00410 и 18-05-00041).

Список литературы

1. Петрова В.В., Рашидов В.А., Аникин Л.П. и др. Возгоны терминального извержения 2015-2016 гг. острова-вулкана Алаид (Курильская островная дуга) // Геология морей и океанов: Материалы XXIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Москва, 18-22 ноября 2019 г. М.: ИО РАН, 2019. Т. 2. С. 298-302.
2. Рашидов В.А., Аникин Л.П. Полевые работы на вулкане Алаид (о. Атласова, Курильские острова) в августе 2015 года // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2015. № 3. Вып. 27. С. 102-107.
3. Рашидов В.А., Аникин Л.П. Полевые работы на вулкане Алаид (о. Атласова, Курильские острова) в 2016 году // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2016. № 3. Вып. 31. С. 94-103.
4. Рашидов В.А., Аникин Л.П. Полевые работы на вулкане Алаид (о. Атласова, Курильские острова) в 2018 году // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2018. № 3. Вып. 39. С. 112-113.
5. Рашидов В.А., Аникин Л.П. Полевые работы на вулкане Алаид (о. Атласова, Курильские острова) в 2019 году // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2019. № 3. Вып. 43. С. 109-115.
6. Рашидов В.А., Аникин Л.П., Делемень И.Ф. Полевые работы на побочном вулкане Такетомии (о. Атласова, Курильские острова) в августе 2013 года // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2013. № 2. Вып. 22. С. 216-224.