

Активные вулканы и редкометалльная минерализация Камчатского края
**В.М. Округин^{1,2}, Н.А. Малик¹, О.А. Зобенько^{1,2}, Ш.С. Кудалева^{1,2}, С.В. Москалева¹,
Е.Ю. Плутахина^{1,2}, Е.Д. Скильская¹, К.О. Шишканова¹, Д.А. Яблокова^{1,2}**

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: okrugin@kscnet.ru

²Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга, Петропавловск-Камчатский

Редкие и рассеянные металлы – элементы передовых технологий. Их производство – один из важнейших показателей промышленного развития любой страны. Россия вынуждена в настоящее время импортировать значительную часть редкометалльного сырья. Обеспечение страны собственными сырьевыми ресурсами и производство конечной продукции – стратегически важная государственная задача. Камчатский край может стать одним из перспективных районов развития редкометалльной минерализации.

Введение

Редкие и рассеянные металлы – кадмий, галлий, индий, таллий, германий, висмут, селен, теллур, рений [2]. Даже при относительно высоком содержании в земной коре, самостоятельных минералов, как правило, не образуют, за исключением некоторых случаев. Как правило, редкие металлы не образуют собственных месторождений и извлекаются попутно из руд других металлов (меди, свинца, цинка, молибдена, олова и алюминия).

В XX веке редкие и рассеянные металлы зарекомендовали себя во всем мире как катализаторы научно-технического прогресса. Академик А.Е. Ферсман называл их «витаминами промышленности». В настоящее время редкие металлы – это полноценный показатель инновационного промышленного развития страны [5].

Методы исследований

Диагностика и идентификация рудных минералов осуществлялась методами классической минералогии и минераграфии с применением современного оптического оборудования – прецизионные микроскопы Axioskop 40 (Carl Zeiss, Германия), Eclipse LV 100 pol (Nikon, Япония) с цифровыми камерами для фотодокументации с последующим изучением фазового и химического составов с помощью локальных методов физико-химического анализа.

Аналитические работы производились в лаборатории вулканогенного рудообразования, Аналитическом центре ИВиС ДВО РАН (г. Петропавловск-Камчатский), Аналитическом сертификационном испытательном центре ИПТМ РАН (г. Черноголовка). Содержания в породах макро- и микроэлементов (Sc, V, Cr, Co, Ni, Zn, Ga, Sr, Zr, Ba) определялись методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА), микрокомпонентный состав – методом индукционно связанной плазмы (ICP-MS, ICP AES).

Изучение микроморфологии, микроструктуры и особенностей распределения элементов-примесей в минералах производилось на приборе Vega 3 Tescan, оборудованном энергодисперсионным X-max 80 mm² и волновым спектрометрами с программным обеспечением – AZtec (версия 3.1). Условия анализа: ускоряющее напряжение – 20 kV; ток зонда – 400 pA.

Результаты исследований и их обсуждение

Вулканогенные гидротермальные золото-полиметаллические, эпитеермальные золото-серебряные месторождения и рудопроявления – важнейший перспективный источник редкометальной минерализации. Они пользуются широким развитием на территории Камчатского края (Северо-, Центрально- и Южно-Камчатские горнорудные районы) [7]. Для руд Северо-Камчатского района характерно наличие такого металла как индий (Спрут). Центрально-Камчатский район отличается широким спектром, с преобладанием теллура и селена (Агинское, Озерновское, Золотое, Бараньевское, Кунгурцевское месторождения). Для Южно-Камчатского горнорудного района характерна комплексная минерализация – индий, кадмий, селен и теллур (Быстринское, Родниковое, Вилючинское, Мутновское, Асачинское).

Мутновское золото-серебро-полиметаллическое месторождение – типичный пример развития комплексной редкометальной минерализации. Оно формировалось в интервале 3,3-0,25 млн. лет. На его территории выявлено более 160 жил и минерализованных зон. Основные запасы руд сосредоточены в жильной зоне «Определяющая». В рудах кроме свинца, цинка, меди (первые %) присутствуют золото, серебро (в среднем 10 г/т и 140 г/т, соответственно) и такие рассеянные металлы как кадмий (290 г/т), индий (20 г/т), селен и теллур (до 5 г/т), висмут (до 25 г/т). Главный минерал-концентратор кадмия и индия – сфалерит. Концентрации этих элементов в отдельных в локально обогащенных микрizonaх минерала варьируют в диапазоне 2-4 мас. % [6].

Агинское, Озерновское и Асачинское золоторудные месторождения отличаются высокими содержаниями селена и теллура (максимальные концентрации более 1000 ppm). Теллур наравне с золотом и серебром неравномерно распределен в золотоносных кварц-адуляровых жильных телах Агинского месторождения: в рудном теле Агинское содержания (в г/т) Au меняются в пределах 99–7403; Ag – 17–156; Te – 423–7679; Pb – 282–2930, Cu – 80–2328; в рудном теле Сюрприз – Au – 41–7473; Ag – 11–1255, Te – 14–20767, Pb – 26–13887, Cu – 28–16705 [1].

Таблица 1. Содержание редких и рассеянных элементов в продуктах извержения Асачинского вулкана

Элемент	Конденсаты, мкг/л	Экспаляты, мкг/г	Сублиматы, мкг/г
Se	833	4662	63260
Cd	191	332	2821
In	8	131	817
Te	106	4440	41000
Re	4	52	8256
Tl	49	204	5961
Bi	367	300	3424

Таблица 2. Содержание редких и рассеянных элементов в продуктах извержения Мутновского вулкана

Элемент	Конденсат, мкг/л	Экспаляты, мкг/г
Se	246	680
Cd	5	8
In	< ПО	1
Te	29	1193
Re	< ПО	1
Tl	5	102
Bi	5	126

Распределение редких и рассеянных элементов детально изучено в фумарольных образованиях, конденсатах вулканических газов, эксгаллятах (отложения на стенках кварцевых трубок) таких действующих вулканов как Авачинский, Мутновский, Горелый, Большого Трещинного Толбачинского Извержения (БТТИ) и Трещинного Толбачинского Извержения (ТТИ-50).

В них установлены аномально высокие содержания таллия, индия, селена, теллура, рения (табл. 1, 2). Эти редкие и рассеянные элементы присутствуют в виде сложных минеральных фаз, среди которых диагностированы новые минералы [4].

Выводы

Установлены аномально высокие концентрации редких и рассеянных элементов (РРЭ) в конденсатах, эксгаллятах и сублиматах. Спектр этих элементов сопоставим со спектром вулканогенных гидротермальных (от золоторудных до комплексных золото-серебро-полиметаллических) месторождений северо-западной части зоны перехода континент-океан. Предполагается, что активные вулканы (природные скважины и химические реакторы) могут быть индикаторами редкометальной минерализации.

Авторы искренне благодарны руководству компании ООО «Интерминерал Менеджмент» - Е.Л. Петрову, В.В. Гаштольду, Ю.А. Гаращенко; коллективу рудников «Агинский» и «Золотое» за неоценимую помощь в проведении полевых работ; сотрудникам лаборатории вулканогенного рудообразования - В.В.Куликову, Лунькову В.Ф., А.В. Платонову, обеспечивших высококвалифицированную пробоподготовку, Аналитического Центра ИВиС ДВО РАН - Е.В. Карташевой, Н.И. Чебровой, выполнивших изучение химического состава руд и вмещающих пород методами РФА.

Список литературы

1. *Андреева Е.Д.* Au-Ag-Te-минерализация Агинского месторождения (Центральная Камчатка) // Вестник ДВО РАН. 2010. № 3. С. 148-153.
2. *Бортников Н.С., Волков А.В., Галямов А.Л. и др.* Минеральные ресурсы высокотехнологичных металлов в России: состояние и перспективы развития // Геология рудных месторождений. 2016. № 2. С. 97-119.
3. *Ким А.У.* О формах нахождения селена в рудах Асачинского месторождения (Южная Камчатка) // Материалы конференции. XI региональная молодежная научная конференция «Природная среда Камчатки». Петропавловск-Камчатский: Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 2012. С. 51-58.
4. *Малик Н.А., Зеленский М.Е.* О температуре и составе газа фумарол вулкана Авачинский в 2012-2013 г. // Материалы конференции. Ежегодная конференция, посвященная Дню вулканолога «Вулканизм и связанные с ним процессы». Петропавловск-Камчатский: Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. 2014. С. 94-97.
5. *Мелентьев Г.Б.* Редкие металлы – инновационный ресурс России // Редкие Земли. 2014. №2. С. 14–23.
6. *Мозжерина А.Ю., Шишканова К.О.* Некоторые особенности минералогии руд жильной зоны Определяющая (южный фланг золото-серебро-полиметаллического месторождения Мутновское) // Материалы конференции. XI региональная молодежная научная конференция «Природная среда Камчатки». Петропавловск-Камчатский: Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. 2012. С. 59-70.
7. *Округин В. М.* Новые данные о возрасте и генезисе эпитеpmальных месторождений зоны перехода континент-океан (Северо-западная Пацифика) // Материалы конференции. Материалы всероссийского совещания, посвященного 90-летию академика Шило Н.А.. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН. 2003. С. 39–41.
8. *Округин В.М., Шишканова К.О., Философова Т.М.* Новые данные о рудах Вилючинского золото-серебро-полиметаллического рудопроявления (Южная Камчатка) // Руды и металлы. 2017. № 1. С. 40-54.