

Наггеты золота и платиноидов на поверхности сульфидных зерен из пикритов Камчатского Мыса: поведение высокосидерофильных элементов в сульфидном расплаве

*Д.П. Савельев¹, В.С. Каменецкий^{1,2}, Т.М. Философова¹, О.Л. Савельева¹,
Е.В. Карташева¹, А.А. Кузьмина¹*

¹*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006, Россия, e-mail: saveljev@kscnet.ru*

²*Институт экспериментальной минералогии РАН, Черноголовка, 142432, Россия*

Меловые пикриты п-ова Камчатский Мыс (Восточная Камчатка) являются хорошим объектом для изучения поведения высокосидерофильных элементов (HSE: Re, Os, Ir, Ru, Pt, Rh, Pd, Au) в магматическом процессе. Породы содержат выделения сульфидов до 0.3 мм размером – как в основной массе, так и во включениях в фенокристаллах оливина [2]. Были определены содержания элементов платиновой группы (ЭПГ) в самих пикритах и всех HSE в гомогенизированных сульфидных включениях из оливинов и в отдельных фазах из выделений сульфидов в матриксе пород [6]. Ранее на сканирующем электронном микроскопе были изучены также микровключения золота и платиноидов в сульфидах из различных пород комплекса [4]. При сравнении составов пород и сульфидных включений выявлен ряд закономерностей, в частности почти по всем HSE наблюдается хорошее совпадение содержаний элементов в породе (умноженное на 1000) и в сульфидах [6]. Это говорит о том, что основной фазой, концентрирующей HSE, являются именно сульфиды. Отличительной особенностью матричных сульфидов является резкий минимум по Pt (fig. 11B из [6]). В статье это было объяснено подвижностью платины при вторичных процессах (серпентинизации оливина) [6]. Однако возможно и другое объяснение данного факта. Анализ содержаний HSE в сульфидных фазах проводился методом LA-ICP-MS в университете Тасмании, при этом выжигание кратера лазерным пучком проводилось преимущественно в центральных частях однородных сульфидных фаз. Но, как показали микрозондовые исследования, микровыделения золота и платиноидов могут находиться на периферии сульфидных выделений – на границе сульфидной и силикатной фаз. Это может приводить к занижению содержаний некоторых HSE, померенных в центральной части сульфидных фаз, по сравнению с гомогенизированными сульфидными включениями. Для проверки этого явления и было проведено данное исследование.

На сканирующем электронном микроскопе VEGA-3 с ЭДС XMAX в Институте вулканологии ДВО РАН было изучено около 120 зерен сульфидов, выделенных путем растворения в HF основной массы пикритов. Среди наггетов, выявленных на поверхности сульфидов, преобладают выделения Au+Ag и паоловита (Pd₂Sn). Поверхность одного из сульфидных зерен была усыпана микровыделениями паоловита размером менее 1 мкм – было зафиксировано более 30 точек (рис. 1а). Выявлены единичные наггеты с присутствием Pt+As, в том числе сложного состава – Au+Ag+Pd+Pt+As+Bi+Te (рис. 1б, в). Размер выделений с HSE не позволяет определить их точный состав из-за захвата вмещающей сульфидной фазы.

Около 2/3 изученных зерен были без микровыделений благородных металлов. Это говорит об очень неравномерном распределении HSE по сульфидным глобулам. При этом состав наггетов, наблюдаемых на поверхности зерен, в целом близок составу микровключений внутри сульфидных выделений, измеренных ранее [3, 4, 6]: среди них также преобладают паоловит и золото с серебром. Отличие заключается в том, что в составе редких комплексных микровыделений кроме золота, серебра, палладия, платины и мышьяка присутствуют висмут и теллур.

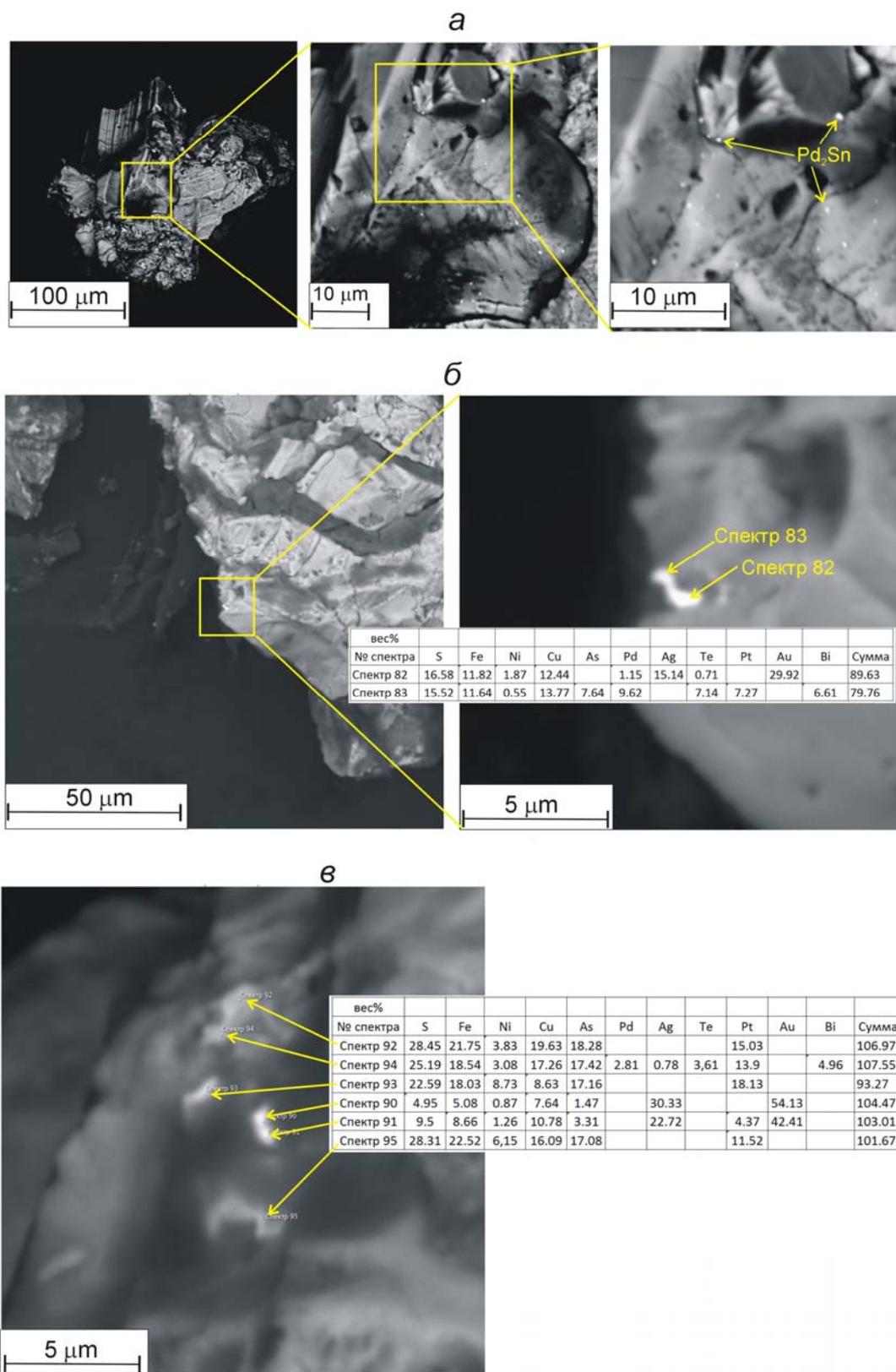


Рис. 1. Изображения сульфидов с наггетами интерметаллидов на поверхности. Изображения получены на сканирующем электронном микроскопе SEM Vega 3 Tescan в обратно рассеянных электронах; *а* – зерно сульфида с многочисленными выделениями паоловита (Pd₂Sn); *б* – комплексное выделение сложного состава (Au+Ag+Pd+Pt+As+Bi+Te); *в* – несколько выделений различного состава на поверхности одного зерна.

При исследовании пород п-ова Камчатский Мыс эти элементы (Bi и Te) были отмечены в интерметаллидных выделениях в сульфидах в оливиновых вебстеритах [1] и оливиновых клинопироксенитах [5] также в сочетании с золотом, палладием и платиной. Это подчеркивает генетическое родство пород офиолитового комплекса Камчатского Мыса и сходство процессов выделения сульфидного расплава и поведения HSE в нем при формировании эффузивной и глубинной частей комплекса.

Полученные результаты не позволяют сделать вывод о том, что минералы платины образуют наггеты преимущественно на поверхности сульфидных зерен. Соотношение микровыделений интерметаллидов с платиной и без нее на поверхности сульфидов примерно такое же, как и внутри зерен сульфидов (платина и там и там довольно редка). Это говорит о том, что наблюдаемый [6] эффект платинового минимума на спектрах ЭПГ в матричных сульфидах из пикритов Камчатского Мыса не может быть объяснен методикой измерений платиноидов LA-ICP-MS.

Основные выводы:

- исследование показало очень неравномерное распределение наггетов благородных металлов на поверхности сульфидных зерен из пикритов Камчатского Мыса;
- среди микросамородков преобладают выделения Au+Ag и Pd₂Sn, встречены также единичные наггеты сложного состава – Au+Ag+Pd+Pt+As+Bi+Te;
- состав наггетов на поверхности сульфидных зерен сходен с составом микровключений внутри сульфидов, определенном ранее, но состав некоторых наггетов на поверхности сульфидов более сложный;
- интерметаллиды с платиной на поверхности сульфидов столь же редки, как и внутри сульфидных зерен, что не позволяет считать аналитические эффекты ответственными за платиновый минимум в матричных сульфидах из пикритов Камчатского Мыса.

Список литературы

1. *Новаков Р.М., Иванов В.В., Трухин Ю.П., Панова Е.Г.* Медно-никелевая и благороднометалльная минерализация в оливиновых вебстеритах п-ова Камчатский Мыс (Камчатка) // Вестник СПбГУ. Сер. 7. 2015. Вып.4. С. 83-97.
2. *Савельев Д.П.* Плагиоклазовые пикриты п-ова Камчатский Мыс (Восточная Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2014. № 4. С. 43-53.
3. *Савельев Д.П., Философова Т.М.* Благородные металлы и интерметаллиды в сульфидах из меловых пикритов п-ова Камчатский Мыс // Материалы ежегодной конференции, посвященной Дню вулканолога «Вулканизм и связанные с ним процессы». Петропавловск-Камчатский. ИВиС ДВО РАН, 2015. С. 283-287.
4. *Савельев Д.П., Философова Т.М.* Микровключения минералов ЭПГ и золота в породах офиолитового комплекса п-ова Камчатский Мыс // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2017. № 2. Вып. 34. С. 5-13.
5. *Черкашин Р.И., Савельев Д.П., Философова Т.М.* Интерметаллиды платины и палладия в оливиновых клинопироксенитах офиолитового комплекса п-ова Камчатский Мыс // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы XXI конференции, посвященной Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2018. С. 210-213.
6. *Savelyev D.P., Kamenetsky V.S., Danyushevsky L.V. et al.* Immiscible sulfide melts in primitive oceanic magmas: evidence and implications from picrite lavas (Eastern Kamchatka, Russia) // American Mineralogist. 2018. Vol.103. № 6. P. 886-898.