

**Аваруит из шлиховых проб бассейна р. Белой (гипербазитовый массив г. Солдатской, п-ов Камчатский Мыс)***Д.П. Савельев, Т.М. Философова**Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,  
e-mail: saveljev@kscnet.ru*

В работе представлены результаты изучения зерен аваруита, выделенных из магнитной фракции шлиховых проб, отобранных в отложениях водотоков, дренирующих гипербазитовый массив г. Солдатской, п-ов Камчатский Мыс. В сростании с аваруитом описаны вайрауит, самородная медь, включения сульфидов и арсенида Fe и Ni с примесью Co. В аваруите наблюдались микровключения осмия, платины, золота и комплексного состава – до четырех платиноидов вместе.

Одним из важных вопросов геологического строения Восточной Камчатки является оценка минерагенических перспектив офиолитового комплекса п-ова Камчатский Мыс. С целью получения новых данных по этому вопросу, летом 2016 года было проведено шлиховое опробование р. Белой и ее правых притоков, дренирующих гипербазитовый массив г. Солдатской. Массив сложен преимущественно гарцбургитами и дунитами, в различной степени серпентинизированными [1]. Повидимому, серпентиниты и являются основным источником аваруита, выделенного из магнитной фракции шлиховых проб. Наибольшее количество зерен аваруита выделено из проб, отобранных в отложениях правого притока р. Белой, размывающего зону серпентинитового меланжа. Всего из 12 шлихов было выделено около 2100 зерен аваруита, которые были изучены в ИВиС ДВО РАН с помощью сканирующего электронного микроскопа VEGA 3 с аналитической приставкой X-MAX 50. Зерна исследовались как в полированных шашках с углеродным напылением, так и в объемном виде на электропроводящем скотче (рис. 1а, б).

Данные по составу аваруита показывают практически непрерывный ряд  $FeNi_2$  –  $FeNi_3$ , часто отмечается примесь Co до 4 вес.%, иногда – Cu до 6 вес.%. В некоторых зернах наблюдались реликтовые выделения сульфидов – пентландита (рис. 1в), кобальтпентландита (до 42 вес.% Co), хизлевудита ( $Ni_3S_2$ ), микровключения сульфида кадмия, арсенида никеля, сульфида кадмия и меди. В отдельных зернах аваруита отмечены выделения вайрауита (с соотношением Co/Fe = 0.4 – 0.9 в ат.%), наблюдались также зерна самородной меди и сростания аваруита с медью (рис. 1г). В сростании с медью отмечена также железоникелевая фаза с соотношением Ni/Fe = 1.6 – 1.7 (в ат.%).

Около 20 зерен аваруита содержали микровключения платиноидов и золота, максимальный размер которых 2 x 5 мкм. Состав микровключений следующий: Os, Os+Ir+Ru±As, Pt, Pt+Ir, Os+Ir+Pd+Pt, Ir+Pt+Os+Ru±As, Pd+Cd+Cu, Au+Ag+Pd, Au+Pt+Pd, Au+Ag. В одном из зерен аваруита наблюдалось включение кобальтпентландита, обогащенного Ru (до 10 вес.%), размером 10 x 7 мкм с микровключением иридистого осмия. Отмечено также микровключение состава примерно  $(Fe,Ni)_4Sb$  с примесью Ru, Ir и Os. Одно из зерен аваруита было «нашпиговано» микровключениями осмия размером 0.5–5 мкм (рис. 1д). Размеры микровключений сложного состава не позволяют количественно определить состав минеральных фаз, поскольку в анализ попадают элементы вмещающего аваруита, однако можно уверенно говорить о присутствии четырех различных платиноидов в некоторых точках (рис. 1е).

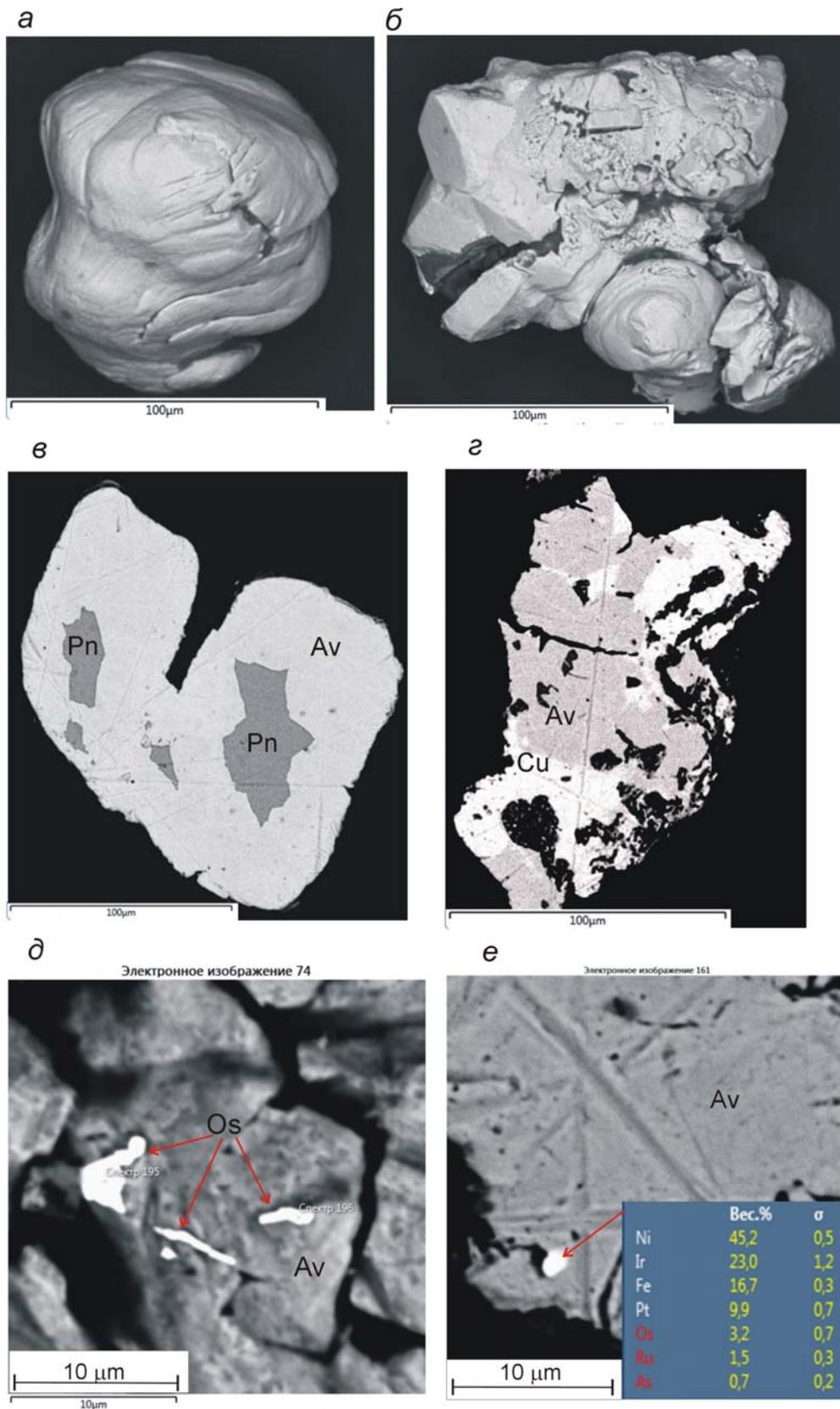


Рис. 1. Аваруиты из шлиховых проб бассейна р. Белой, фото в обратно рассеянных электронах. а, б – общий вид зерен; в – включения пентландита (Pn) в аваруите (Av); г – сростание самородной меди (Cu) с аваруитом, д – микровключения осмия в аваруите, е – комплексное микровключение состава Ir+Pt+Os+Ru±As в аваруите.

Основные результаты нашего исследования частично повторяют данные, полученные Р.М. Новаковым с соавторами [3], который описал аваруиты в оливиновых вебстеритах массива г. Солдатской и в шлиховых пробах из левого притока р. Белой. Однако в изученных нами аваруитах значительно разнообразнее микровключения благородных металлов – платиноидов и золота. Также нами наблюдались более широкие колебания составов аваруита, вайрауита и пентландита, чем описано в [3]. Наблюдаемые нами составы аваруита и вайрауита из шлиховых проб бассейна р. Белой сходны с составами этих минералов, описанными Е.И. Сандимировой с соавторами для гипербазитового массива г. Попутной [5] и для гипербазитового массива Гальмознан [6].

Образование аваруита, самородных золота, меди и платиноидов связывается с серпентинизацией и постмагматическими процессами восстановления металлов из сульфидных фаз [2, 7]. Микровыведения платиноидов в аваруите подчеркивают его происхождение за счет первичных железо-никелевых и железо-медно-никелевых сульфидов, содержащих ЭПГ.

Находки в аваруите микровключений комплексного состава – с несколькими платиноидами и золотом дополняют полученные нами данные о микровключениях благородных металлов в сульфидных глобулях в меловых пикритах того же офиолитового комплекса п-ова Камчатский Мыс [4]. Эти данные подчеркивают генетическое единство комплекса и перспективы его платиноносности.

Огромная благодарность В.С. Успенскому, В.Ф. Богдановой и А.А. Кандрину, принимавшим участие в полевых работах на п-ове Камчатский Мыс в 2016 г.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-05-00546 и программы фундаментальных исследований ДВО РАН «Дальний Восток», проект № 15-1-2-045.

#### Список литературы

1. Бояринова М.Е., Вешняков Н.А., Коркин А.Г., Савельев Д.П. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Восточно-Камчатская. Лист 0-58-XXVI, XXXI, XXXII (Усть-Камчатск). Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. 2007. 226 с.
2. 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.
3. Новаков Р.М., Москалева С.В., Иванов В.В., Паламарь С.В. Пентландиты и аваруиты гипербазитового массива горы Солдатской (п-ов Камчатский Мыс, Восточная Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Науки о земле. 2014. № 2 (Выпуск 24). С 137–146.
4. 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. 288–290.
5. Сандимирова Е.И., Сидоров Е.Г., Чубаров В.М. Акцессорные минералы железа и никеля гипербазитового массива горы Попутной (Восточная Камчатка) // Записки РМО. Ч. CXLIV. № 2. 2015. С. 72–82.
6. Сандимирова Е.И., Сидоров Е.Г., Чубаров В.М. Самородные кобальт-железо-никелевые фазы из коренных пород гипербазитового массива Гальмознан (Камчатка, Корякское нагорье) // Тезисы докладов ежегодной конференции, посвященной Дню вулканолога «Вулканизм и связанные с ним процессы». Петропавловск-Камчатский. ИВиС ДВО РАН, 2015. С. 289–292.
7. Сидоров Е.Г. Самородные никелевые металлы в гипербазитах // Докл. АН СССР. 1987. Т. 295. № 6. С. 1456–1459.