

УДК 549.2:553.068.36 (470.54)

ТИПОМОРФИЗМ И ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА САМОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ МРАМОРСКОЙ ПЛОЩАДИ (СРЕДНИЙ УРАЛ)

О.Б.Азовскова¹, А.А.Некрасов¹, С.Г.Сустанов², Л.О.Магазина³, Н.В.Гореликова³

¹ *ОАО Уральская геолого-съёмочная экспедиция, г. Екатеринбург, ural @ ugse.parad.ru*

² *Уральская государственная горно-геологическая академия, г. Екатеринбург*



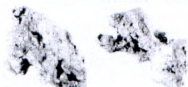
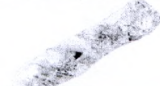



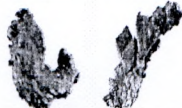
³ *ИГЕМ РАН, г. Москва*

В настоящее время самородные металлы и их соединения обнаружены в самых различных геологических обстановках, в том числе: в пелагических осадках (гидротермальные поля) северо-западной части Тихого и центральной части Атлантического океанов [5, 11], на разновозрастных угольных месторождениях [10, 12], в продуктах эксгаляций современных вулканов [4, 8] и в мезозойских элювиальных образованиях Восточного склона Среднего Урала [1, 2]. Здесь они выявлены и изучены на Мраморской площади, расположенной в 40 км к югу от г. Екатеринбурга в пределах одноименного глубинного разлома и сопряженной с ним зоны смятия, в западном – северо-западном обрамлении Сысертского гранито-гнейсового комплекса ("жесткого блока"). Значительная часть Мраморской площади геоморфологически принадлежит Мраморско-Кособродской эрозионно-структурной депрессии, разделенной пологим водоразделом на две "ветви". Мощности элювиальных образований достигают 100-120 м и более, но полный профиль коры выветривания практически не встречается. Преобладают дресвяно- и щебнисто-дресвяно-глинистые коры, обычно, каолинит-гидрослюдистого, гидрослюдистого, монтмориллонит-гидрохлоритового состава. Одной из основных черт геологического строения Мраморской зоны, в целом, является широкое проявление углеродизации и углеродистого метасоматоза, с которыми непосредственно связаны золотое оруденение (рудопроявление "Водораздельное" и несколько перспективных рудоносных зон) и многочисленные - >500 проб – находки самых разнообразных самородных металлов [1, 2, 9]. На Мраморской площади установлены самородные: Cu, Cu₂Zn, Zn, Sn, Pb, соединения системы Sb-Sn-Pb, Fe, Cr, интерметаллид Fe-Cr близкий к феррхромиду, Al и Mo. Из сопутствующих акцессорных минералов часто отмечается муассанит, иногда – карбиды железа, в единичном случае встречен алмаз (рис. 1). Изучался материал тяжелой фракции шлихов из кор выветривания и протолок в различной степени выветрелых горных

пород. Объем рядовых проб 2.5-5.0 дм³. Методика работ практически полностью исключала аутигенное заражение.

Таблица 1

Морфологические типы самородных металлов (кроме золота) из коры выветривания Мраморской площади

Тип	вид	Разновидность		Примечание
I. Объемные формы	1. Изометричные или близкие к ним	а) сферическая		Поверхность блестящая ровная или шероховатая
		б) каплевидная		
		в) комковидно-гнездовая		Компактная центральная часть без угловатых выступов
		г) комковидно-ячеистая		Сростки мелких объемных частиц, иногда в сочетании со сфероидами
	2. Удлиненные	а) стержневидная		Удлиненные зерна, их сростки
		б) булавовидная		
II. Уплющенные формы ($K_{упл} > 2$)	1. Простая пластинчатая			Плоские и изогнутые, нередко с загнутыми краями
				
	2. Параллельные сростки пластин	а) пакетовидные сростки		Пластинки расположены поперек удлинения в перпендикулярной плоскости
		б) удлиненно-изогнутые сростки		Пластинки расположены поперек удлинения в этой же плоскости
		в) плоско-параллельные сростки		
		г) другие формы		Часто комбинированные
	3. Дендриты, дендритоиды			

Самородные металлы - Al, Cu, Cu_2Zn и др. – встречаются также в коренных породах, но их диагностика часто затруднена из-за малых размеров выделений.

На основании морфометрических исследований наиболее распространенных на площади самородных металлов (Cu_2Zn , Fe, Zn, Sn-Pb, Al, Cu) сделана их предварительная классификация по морфологическим типам, в основу которой положена классификация Петровской для самородного золота (Табл. 1). В целом преобладающими являются выделения уплощенной формы, как в виде отдельных пластинок, так и в виде параллельных сростков, дендритовидные формы редки (Cu, иногда Pb). Наряду с преобладающими пластинчатыми разновидностями встречаются зерна объемной изометричной и удлиненной формы.

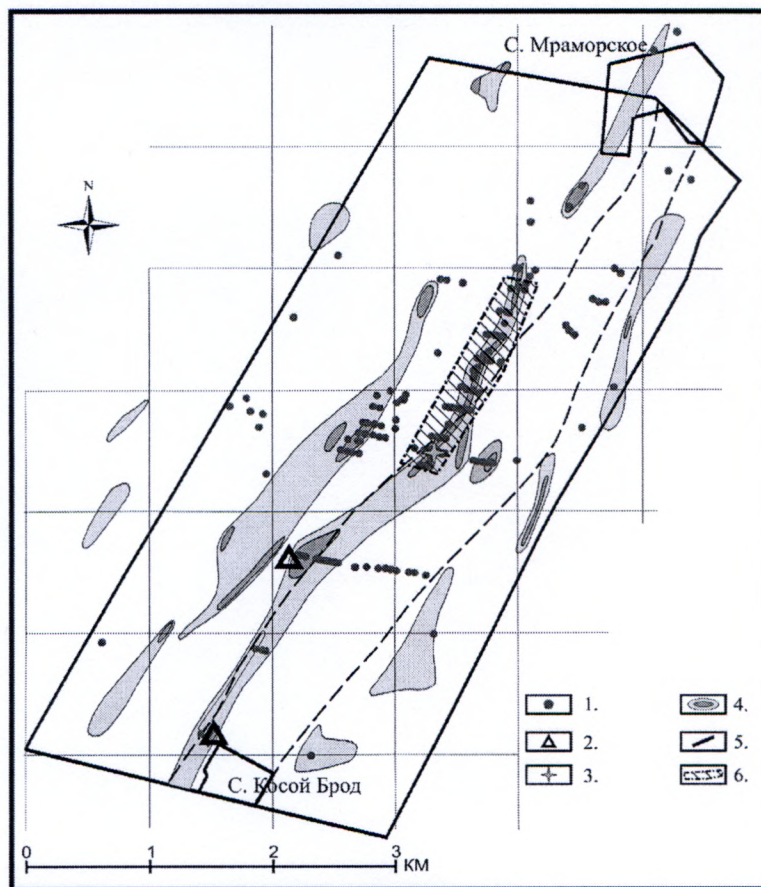


Рис. 1 Схема распространения самородных металлов Мраморской площади с точками находок самородного Mo и алмаза.

Условные обозначения к рис. 1.1-3. Точки находок: 1 - самородных металлов (кроме Mo); 2 - самородного Mo; 3 - алмаза. 4 - Геохимические аномалии Au интенсивностью 0,05 – 0,1 г/т и >0,1 г/т. 5 - Восточная «ветвь» Мраморско-Кособродской ЭСД. 6 - Рудо-проявление «Водораздельное».

Этот тип наиболее характерен для Zn, металлов группы Sn-Pb, Fe, у других самородных металлов площади – редок.

Кроме перечисленных самородных металлов в корах выветривания очень часто (не зависимо от эдукта) присутствует "свежий", неокисленный пирит, в т.ч. в самых верхних приповерхностных горизонтах. Количество его варьирует от единичных до обильных знаков, изредка – до первых %. Пирит мелкий и тонкий: $n \cdot 0.01$ - $n \cdot 0.1$ мм, иногда до 1-2 мм. Преобладают кубические или комбинированные формы, часто встречаются кристаллы с характерными слабовыраженными гранями и сглаженными, как бы не до конца сформированными, ребрами. В целом, выделяется 4-5 разновидностей пирита, которые отличаются по морфологии, цвету и преимущественным размерам, причем в одной пробе могут присутствовать несколько разновидностей [9].

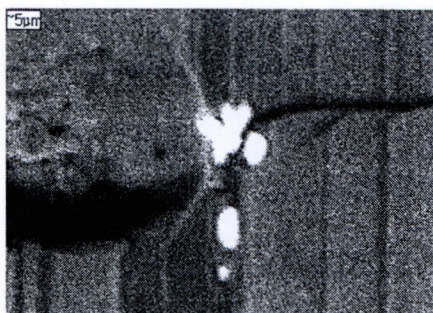


Рис.2. Пирит с выделениями самородного Мо.

С пиритом связана одна из наиболее интересных находок, сделанных на Мраморской площади – самородный Мо. Он обнаружен на поверхности некоторых зерен пирита из верхних горизонтов коры выветривания: в виде овальных выделений размером до 10 мкм непосредственно на пирите (рис. 2) и более крупных, до 30 мкм – на силикатной "корочке", покрывающей одно из

зерен (рис. 3). Для проб, где выявлен самородный Мо, характерно обилие "свежего" пирита в тяжелой фракции шлиха, знаки свободного Au и отсутствие других самородных металлов. Ранее самородный Мо был установлен в виде единичных частиц размером первые мкм в реголите «Луны-16» и «-24», где авторами предлагается импактная гипотеза его происхождения [3].

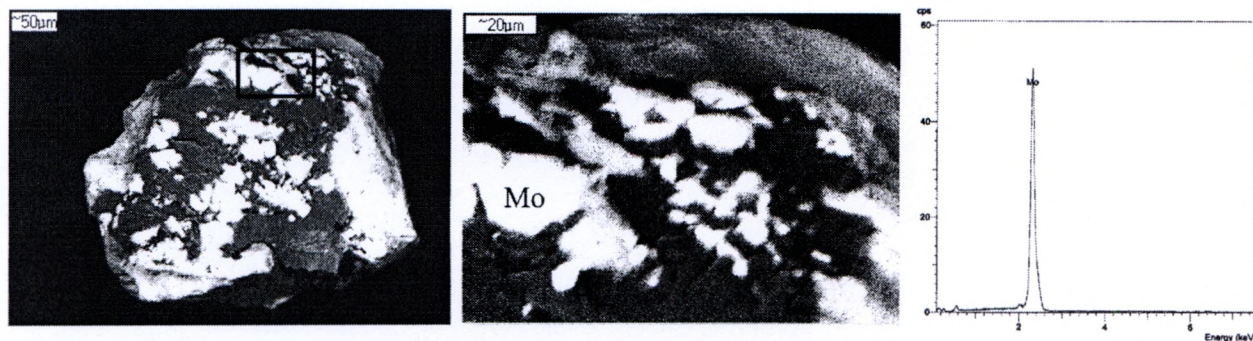


Рис. 3. Самородный молибден (яркое) на силикатной «корочке», покрывающей зерно пирита. Справа – энергодисперсионный спектр ярких образований.

Основные характеристики наиболее распространенных самородных металлов Мраморской площади приведены в таблице 2. По большинству параметров они весьма

близки аналогичному комплексу металлов, детально изученному на Кумакском золоторудном месторождении [6,7]. Следует остановиться на некоторых особенностях:

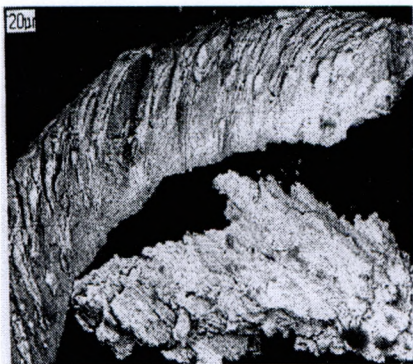


Рис.4. Типичные формы выделения Cu_2Zn

Цинкистая медь Cu_2Zn (рис. 4) распространена весьма широко и нередко дает площадные ореолы. Она обладает повышенной (по сравнению с аналогами) микротвердостью – до 190 кгс/мм^2 и более; только 15% измеренных зерен близки по этому показателю к Кумакским. Около 20% зерен Cu_2Zn с Мраморской площади обладают магнитными-слабомагнитными свойствами (I–II электромагнитные фракции шлиха), при этом значимых различий в микроэлементном

составе не выявлено, но отмечается их повышенная и высокая микротвердость. Примесь Au определена ~ в 20% исследованных зерен в центральной части рудопроявления «Водораздельное» и достигает 5,60 % (на Южноуральских объектах – до 0,26 %). В единичных случаях наблюдались сростки Cu_2Zn -Au и микровключения Au в пластинках цинкистой меди.

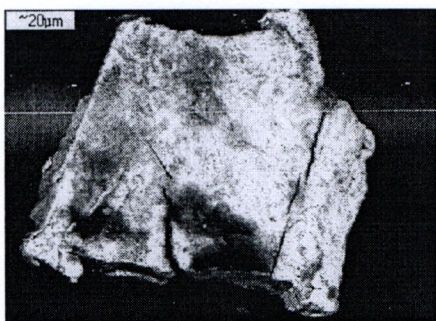


Рис. 5. Пластинчатый кристалл цинка.

Самородный Zn встречается обычно в виде единичных, редко – $n \cdot 10$ знаков на пробу, часто покрыт пленками и налетами вторичных продуктов. Для него характерны как пластинчатые (рис. 5), аналогичные Кумакскому месторождению, так и объемные, нередко сфероидные формы (см. рисунки в табл. 1), которые по результатам рентгеноструктурного анализа определены как

монокристаллы. Вместе эти два типа не встречаются.

«Чистые» Pb и Sn встречаются редко. Более характерны, как и на других подобных объектах, тонкие сростания двух фаз олова и свинца, часто со значительной (до 3–10%) примесью Sb (рис 6).

Таблица 2

Основные характеристики самородных металлов Мраморской площади.

Мета- ллы	Цвет	Крупность, мм	Морфология по табл. 1	Магн. свойст ва	Микротвер- дость*, кгс/мм ²	Примеси**	Параметры элементарной ячейки, А	Плотность рентгеновская, г/см ³
Cu	Красноватый	0,05 – 0,2 [до 1,0]	I-1а, 2а; [II-1,3].	Н/М	79,9	Н.о.	-	-
Cu ₂ Zn	Латунно- желтый, темно- желтый	0,02 – 1,2; обычно 0,1 – 0,2	II-2а,б,в,г [I-1; II-1]	н/м; ~20% магн.- сл- магн.	105–140 (15%) 150– 190 (55%) >190 (30%)	Au, Ag, Al, Fe [Pt, Ni, Cr, Sn, As, Hg]	3,668 – 3,670	8,721 – 8,735
Zn	Светло-серый	п*0,01 – п*0,1 [до 3,0]	I-1а,б,в,г I-2а,б или II-1, II-2в	н/м	24,4 (тип I) 8,4–10 (тип II).	Н.о.	A=2,665 – 2,683 C=4,936 – 4,950	6,152 – 6,217
Sn	Серый, светло-серый.	п*0,01	I-1а,б,г [Г] II-1	н/м	-	Pb, Sb, Al [Fe, Ag, Cu, Zn]	-	-
Pb	Темно-серый до серого	0,05 – 0,5 [до 1,0]	I-1а,в II-1,3	н/м	-	Sn, Sb, Al [Fe, Cu, Zn]	4,925	11,599
Fe	Темно-серый, синева- черный	0,1 – 5,0	I-1а; II-2в,г	сильно магн.	216,4 (тип II)	Sn, Sb, Co	2,868	7,917
Al	Серебристо- белый до светло-серого	п*0,01 – 0,5 [до 2,0]	II-1; 2в [I-2а]	н/м	-	Zn	4,046	2,724

Примечание. * Нагрузка 20 г, прибор ПМТ-3 (Минералогическая лаборатория УГГГА). ** LINK ISIS, ИГЕМ РАН, аналитик Л.О. Магазина и микроанализатор САМЕСА, УГГГА, аналитик В.Н. Ослоповских. [] – встречается редко

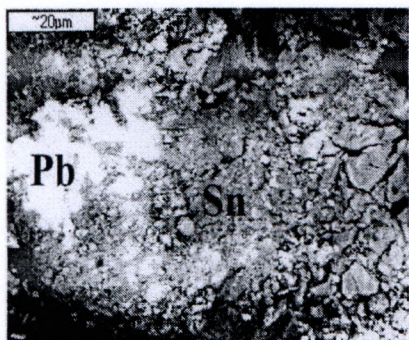


Рис. 6. Срастания Pb и Sn

Почти у всех самородных металлов Мраморской площади, кроме цинка, рентгеновская плотность выше, чем у их аналогов на Кумакском месторождении. То же касается и значений микротвердости. Возможно, это связано с более стрессовыми и «экстремальными» условиями образования.

Повсеместное присутствие в корках выветривания неокисленного пирита, разнообразных самородных металлов (в т.ч. таких оксифильных как Al, Zn, Fe), морфология зерен которых указывает на их кристаллизацию в относительно свободном пространстве, свидетельствуют об интенсивном проявлении в пределах Мраморской зоны молодых – MZ-KZ – активизационных процессов, сопровождавшихся флюидопотоками восстановительного характера. Разгрузка последних, вероятно, нередко проходила в режиме «микровзрывов» при резком перепаде давления и температур. Этим могут объясняться находки самородного Mo и алмаза, а также сфероидные формы некоторых металлов.

Подобные «молодые» и, возможно, не до конца завершённые процессы требуют пристального изучения, а связанный с ними определенный тип минерало- и рудообразования – учета при прогнозных оценках территорий.

Литература

1. Азовскова О.Б., Малюгин А.А., Сустанов С.Г. // Вестник УрО Минералогического общества. Екатеринбург, УГГГА, 2002. С.7-12.
2. Азовскова О.Б., Малюгин А.А., Кузнецов В.Н., Александров В.В. // Геология, генезис и вопросы освоения комплексных месторождений благородных металлов (Матер. Всеросс. Симпоз.). М., 2002. С. 100-102.
3. Богатилов О.А., Мохов А.В., Горшков А.И., Ашихмина Н.А., Магазина Л.О., Карташов П.М., Копорулина Е.В. // ДАН, 2002. Т. 386. № 3. С. 368-371.
4. Главатских С.Ф. // ДАН, 1990. Т. 313. № 2. С. 433-437.
5. Лазур Ю.М., Варенцов М.И., Ермилов В.В. // Геохимия, 1984. № 11. С. 1718-1725.
6. Новгородова М.И. Самородные металлы и интерметаллиды в гидротермальных рудах. М.: Наука, 1983. 288 с.

7. *Новгородова М.И.* Кристаллохимия самородных металлов и природных интерметаллических соединений. Итоги науки и техники. Кристаллохимия. Т. 29. 1994. 153 с.
8. *Новгородова М.И., Генералов М.Е., Главатских С.Ф.* // ДАН, 1997. Т. 354. № 4. С. 524-528.
9. *Раппопорт М.С., Азовскова О.Б., Кузнецов В.Н.* // Проблемы геологии и рудообразования в геологической истории Урала / Ежегодник-2001. Под ред. К.К. Золоева, Екатеринбург: ДПР по Ур. Рег., 2001. С. 55-72.
10. *Середин В.В.* // Геология, генезис и вопросы освоения комплексных месторождений благородных металлов (Матер. Всеросс. Симпоз.). Москва, 2002. С. 374-379.
11. *Dekov V.M., Damyanov Z.K., Kamenov G.D., Bonev I.K., Bogdanov K.V.* // Marine Geology. 1999. Vol. 161. P. 229-245.
12. *Kucha H., Przybylowicz W.* // Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic geologists. 1999. Vol. 94. Iss. 7. P. 1137-1162.