

УДК 553.41:470.54 (549.08:549.2)

## ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ НЕТРАДИЦИОННОГО ТИПА НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Некрасова А.А.

*Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия (620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30), e-mail: [nastenan@yandex.ru](mailto:nastenan@yandex.ru)*

На Среднем Урале в шовной зоне Серовско-Маукского разлома установлены проявления ртутьсодержащей золото-серебряной минерализации, которая связана с офитизированными серпентинитами Восточно-Тагильского массива. Основным минералом этой минерализации является ртутистый кюстелит  $Ag_3Au$ . В данной статье приведен краткий обзор литературных данных о минерале по Уралу за последние годы. Дана характеристика ртутистого кюстелита Северо-Красноуральской площади (приведены данные о форме выделения, минеральной ассоциации, химическом составе). Установлено отличие по химическому составу по сравнению с находками этого минерала на Южном и Северном Урале. Сделано предположение об отнесении оруденения рудопоявления Кюстелитовое к «ноксвиллскому» типу. Сделан вывод о том, что данный тип минерализации свидетельствует о связи оруденения с молодыми активизационными процессами в пределах шовной зоны.

Ключевые слова: кюстелит, золото-серебряная минерализация, шовная зона, Серовско-Маукский разлом, Средний Урал.

## GOLD-SILVER MINERALIZATION OF NONCONVENTIONAL TYPE ON MIDDLE URALS

Nekrasova A.A.

*Urals State Mining and Geology University, Russia (30 Kuybysheva St., Yekaterninburg, Russia 620144); e-mail: [nastenan@yandex.ru](mailto:nastenan@yandex.ru)*

On Central Ural Mountains in the sutural zone of Serovsko-Mauksksky break manifestations mercury-containing mineralization gold-silver connected with serpentinites ofitizirovanny of the East Tagil massif which main mineral is küstelite mercurybearing  $Ag_3Au$ . The short review of literary data on a mineral is provided in article in recent years. The characteristic küstelite mercurybearing is given to Severo-Krasnouralskoy Square (a forms, associations, a composition chemical). Difference on a composition chemical in comparison with finds of this mineral at the South and Northern Urals is established. The assumption of reference of an ores of a rudoproyavleniye of Kyustelitovoye to "noksvillsky" type is made.

Keywords: küstelite, gold-silver mineralization, sutural zone, Serovsko-Mauksksky break, Middle Ural.

Золото-серебряная минерализация традиционно связывается с областями развития наложенных вулканических поясов и зонами автономной тектоно-магматической активизации, проявляющимися на окраинах древних платформ. В складчатых областях до последнего времени она отмечалась редко и рассматривалась больше как экзотическая.

В Уральском регионе подобная золото-серебряная «экзотическая» минерализация, главным минералом которой является кюстелит, была выявлена в шовных зонах [6; 7]. Ещё в 1904 г. В.И. Вернадским было обращено внимание на то, что разновидности серебра, содержащие 1-20% Au, в природе почти не встречаются. Кюстелит (küstelite) является золотосодержащей разновидностью серебра, однако различными исследователями [7; 8; 10 и др.] указываются не одинаковые пределы содержаний в нем золота. В настоящее время к кюстелиту относят твердый раствор Au-Ag (пробность 300–100%), отвечающий стехиометрии соединения  $Ag_3Au$  [7; 10]. В природных условиях золотистое серебро в разной

степени обогащено Hg (*ртутистый кюстелит, ртутисто-золотистое серебро*) [2]. Химический состав ртутисто-золотистого серебра приведен в таблице 1.

Впервые минерал был встречен в виде мелких бобовидных зерен на серебряных рудниках шт. Невада (США) (рудник Офир), где он обычно находится в ассоциации с самородным серебром, аргентитом и разнообразными сульфосолями серебра. Выделения кюстелита очень мелкие (сотые, реже десятые доли миллиметра), комковатые, неправильной или округлой формы, включены в самородное серебро. Во всех случаях кюстелит составляет незначительную часть общего количества минералов серебра и золота в рудах [7].

Таблица 1

**Химический состав ртутисто-золотистого серебра (масс.%)**

		<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Hg</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>
Урал	Озерное (Войкаро-Сынинский массив, Полярный Урал) [3; 9]	н. опр	0,8 (до-1.0)	н. опр	62,7 (до 80.0)	34,6 (16.0)
	Харбейский антиклинорий (Полярный Урал)	н. опр	до 0,05	5,94-16,38	38,63-62,40	28,28-56,32
	Катасьминская пл-дь (Северный Урал) [Хрыпов, 2003ф]	0,00	н. опр	7,01	55,99	37,98
	<b>Северо-Красноуральская</b> площадь (Средний Урал)	0,01-0,014	0,01-0,014	2,62-11,60	35,23-57,70	35,19-55,41
	Золотая Гора (Южный Урал) [2; 11]	0,00	0,09-0,70	3,31-19,15	49,27-72,05	12,88-44,14
Майское (Приморский край) [8]	нет данных	нет данных	нет данных	68,38	32,09	
Охотско-Чукотский вулканогенный пояс	нет данных	нет данных	нет данных	60,3-71,5	28,00-38,9	
Северо-восток России [2]	нет данных	нет данных	2,73-14,47	61,51-65,59	24,78-32,28	
Алдан-Маадырская рудная зона (Западная Тува) [4]	нет данных	0,51-2,16	2,86-11,83	32,29-70,83	20,73-59,13	
Северо-Гирвасское (Центральная Карелия) [5]	нет данных	нет данных	нет данных	69,53	30,47	

В периодических изданиях в последние годы упоминаний о находках ртутисто-золотистого серебра (кюстелита) в различных типах золоторудных месторождений и разнообразных геологических обстановках довольно много, однако сведений о его свойствах недостаточно.

На Урале кюстелит в виде пластинчатых, «лапчатых», реже проволочковидных выделений размером до 0,4x0,7 мм в ассоциации с сульфидами и лимонитом известен по ряду проявлений Харбейского блока, где образует структуры типа распада с золото-серебряными амальгамами, а также представлен в виде самостоятельных зерен. Кроме того, он установлен в малосульфидных Au-Pt рудах Дзелятышорского верлит-клинопироксенитового массива (Полярный Урал) [9]. В ассоциации с сульфидами меди, интерметаллидами системы Au-Pd-Cu, соединениями Pd с Te, Bi, Sb, кюстелит и золотистое серебро встречены в ультрабазитах рудопроявления Озерное (Войкаро-Сынинский массив, Полярный Урал), где образуют включения и каймы в сульфидах и по границам их зерен [3; 9].

По результатам поисковых работ (Хрыпов, 2003ф) в россыпи Катасьминская на Северном Урале (в 14 км к юго - юго-западу от Воронцовского месторождения) обнаружены единичные зерна ртутистого кюстелита, содержащие до 7,01 масс.% Hg, с зональной высокопробной пористой каймой гипергенного происхождения. В виде минеральных включений в ртутистом кюстелите отмечается галенит.

На Южном Урале кюстелит был установлен в лиственитизированных родингитах месторождения медистого золота Золотая Гора [11], где он слагает мелкие обособленные выделения и сростания с халькозином, округлой «прихотливой» формы метасоматические вросстки в аурикуприте, купроауриците, в магнетите, халькозине.

На Среднем Урале проявления ртутьсодержащей Au-Ag минерализации впервые выявлены в зоне Серовско-Маукского разлома (Айвинско-Емехский сегмент структуры). В 2007 г. при проведении поисковых работ на россыпные Au, Pt и золотоносные коры выветривания в пределах Северо-Красноуральской площади было открыто рудопроявление Кюстелитовое, а также установлены отдельные точки минерализации (рис. 1) [6].

**Рудопроявление Кюстелитовое** расположено в южной части Северо-Красноуральской площади и представляет собой минерализованную зону вблизи западного эндоконтата Восточно-Тагильского ультрабазитового массива. Зона вскрыта профилем шурфов, имеет ширину до 100-140 м и прослежена по простиранию на 3 км маршрутами и скважинами ручного бурения. Золото-серебряная минерализация приурочена к тонко катаклазированным, офитизированным серпентинитам с умеренно проявленными процессами аргиллизации. По данным атомно-абсорбционного и пробирного анализа, содержание золота в пределах минерализованной полосы составило 0,07-0,3 г/т, а в наиболее богатой части – до 4,0 г/т.

Вмещающие золото-серебряную минерализацию офитовые серпентиниты серовского комплекса ( $O_{1-2}sr$ ) также слабо золотоносны: в контуре общего метасоматического ореола установлено повышенное содержание золота – 0,19 г/т. Серпентиниты имеют лизардит-хризотилловый состав, часто катаклазированы и несут признаки слабых средне- и низкотемпературных метасоматических изменений с минеральной ассоциацией: тальк/гидроталькит-гидрослюда±кабонат(Fe-Mg), хлорит. Офитизация связана с более поздней вторичной серпентинизацией. Офитовые прожилки образуют несколько взаимопересекающихся систем. Рудная минерализация представлена преимущественно магнетитом (до 10%), хромшпинелидами (<1%), пиритом (около 1%), гематитом (<1%), самородным золотом, ртутистым кюстелитом, галенитом. *Ртутистый кюстелит* установлен в тонких сростаниях с клинохризотилом, серпохлоритом(?) и электрумом. Совместно с ним присутствует и относительно высокопробное золото как в виде отдельных тонких и мелких зерен, так и в виде микровключений в ртутистом кюстелите (рис. 2). Отдельные находки

ртутистого кюстелита есть и в других точках в пределах Восточно-Тагильского массива. Надо отметить, что достаточно часто в шлиховых пробах присутствуют мелкие зерна киновари. Кроме этого, на площади в почвах выделены геохимические ореолы Hg.

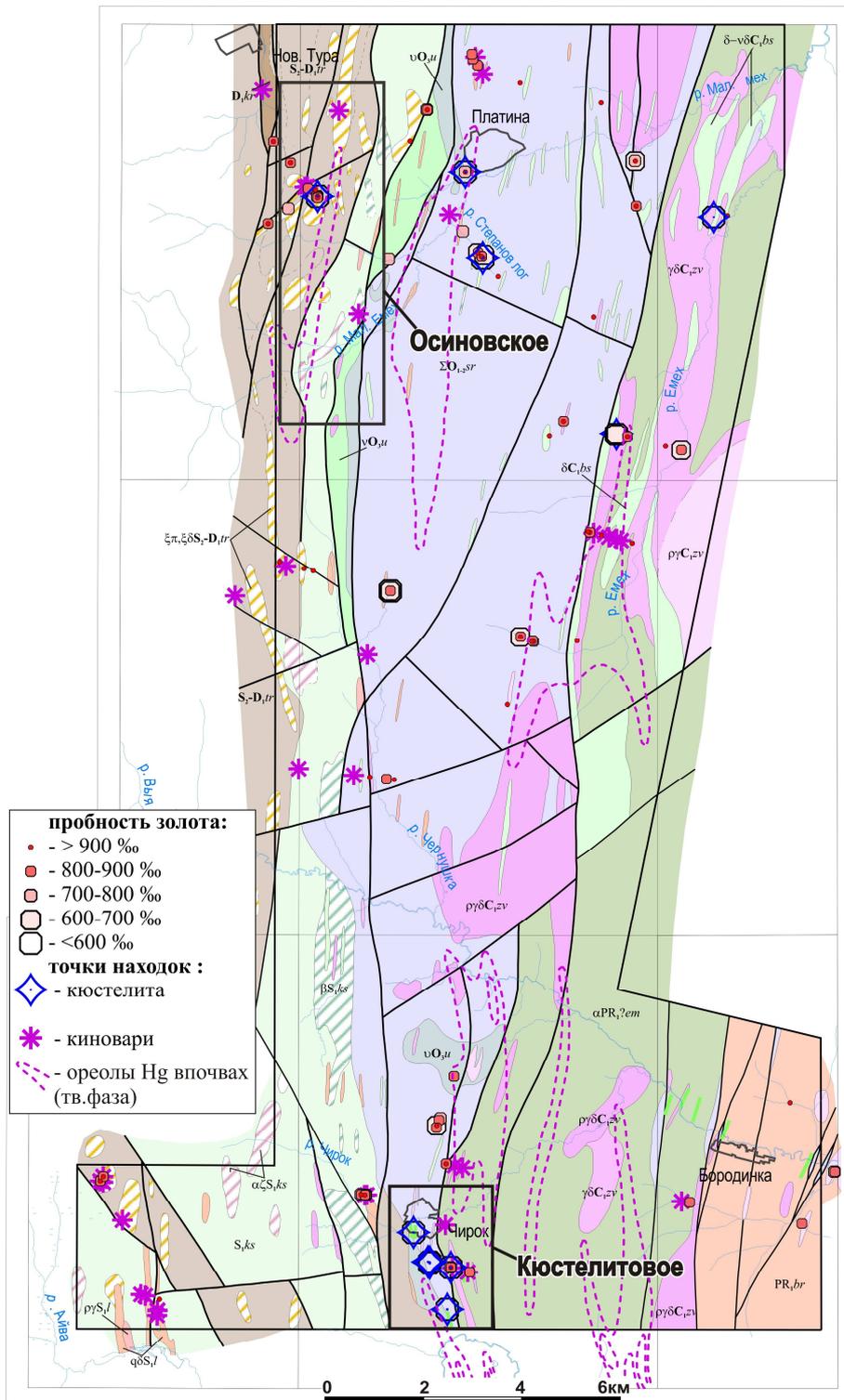


Рис. 1. Схема распространения кюстелита и золота различной пробности. Северо-Красноуральская площадь, Средний Урал.

**Ртутистый кюстелит** выявлен в 16 пробах, отобранных в северной и южной частях Северо-Красноуральской площади (8 точек находок). Зерна кюстелита мелкие, объемно-комковатые, размером 0,0 п - 0,1 мм (иногда до 0,3-0,4 мм) очень светлые, яркого (почти)

белого цвета с серебристым или легким желтоватым оттенком. Часто образует тонкие прорастания с белым клинохризотилом (рис. 2), серпофитом и серпохлоритом(?), иногда встречается в сростании с магнетитом.

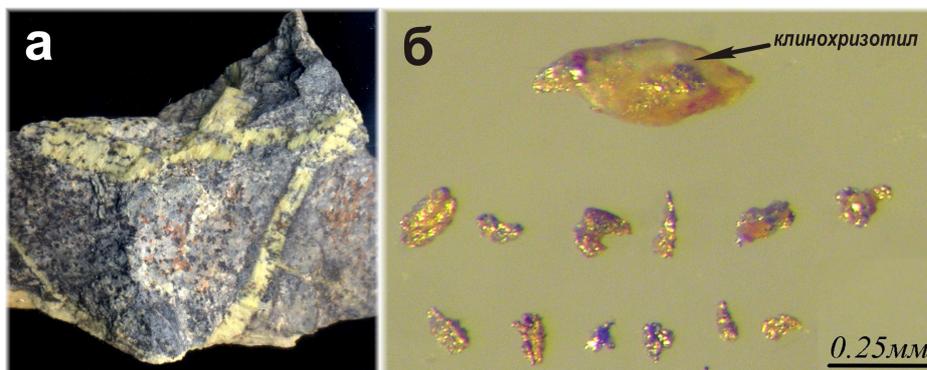


Рис. 2. а - прожилки офита в серпентините; б - выделения кюстелита в сростании с клинохризотилом. Рудопоявление Кюстелитовое

В отраженном свете по своим характеристикам практически не отличается от серебра - минерал белого цвета, с легким желтоватым оттенком, с высокой отражающей способностью и относительно высоким рельефом; внутренних рефлексов не имеет; полируется хорошо. Совместно с кюстелитом обычно присутствует электрум и относительно высокопробное золото как в виде отдельных мелких зерен, так и развивающееся по трещинкам в кюстелите в виде тонких зонк и/или кайм на границе субиндивидов (рис. 3).

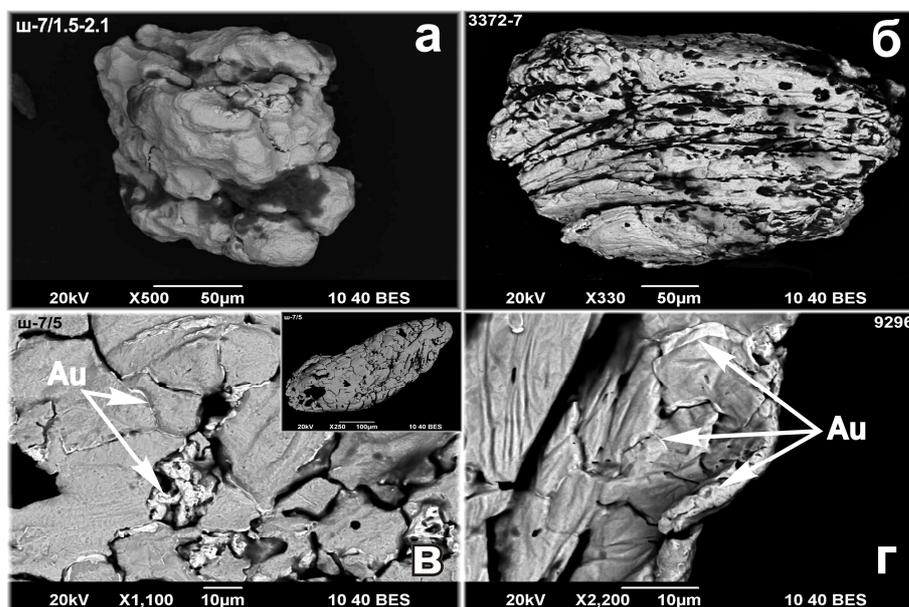


Рис. 3. Кюстелит Северо-Красноуральской площади (а, б); выделения высокопробного золота (светлое) по трещинкам в кюстелите (в, г)

Иногда в ртутистом кюстелите отмечаются идиоморфные микровключения галенита размером до 0,3 мм (рис. 4). Подобные микровключения описаны в кюстелите на Северном Урале.

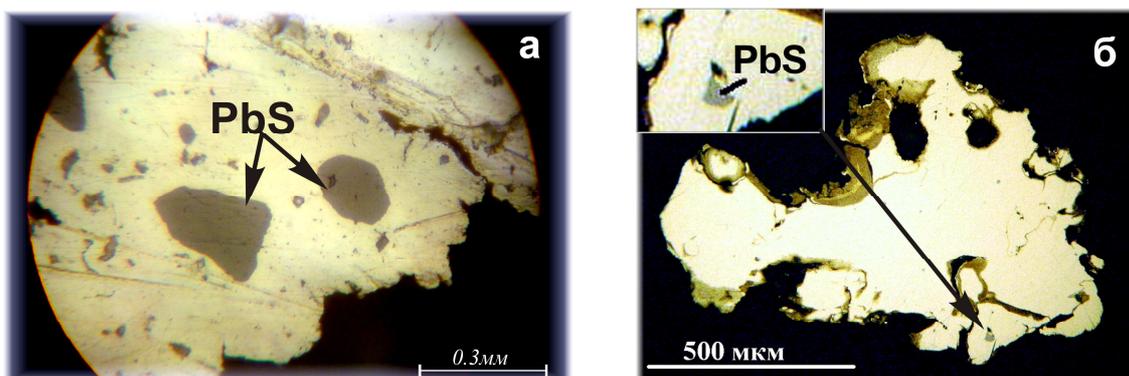


Рис. 4. Срастания ртутистого кюстелита с галенитом (отраженный свет):  
а – Северо-Красноуральская площадь, б – Катасьминская площадь (Хрыпов, 2003ф).

Дифракционная картина ртутистого кюстелита Северо-Красноуральской площади приведена в таблице 2.

Таблица 2

**Результаты расчета дебаеграммы ртутистого кюстелита**

hkl	Золото		Серебро				Кюстелит		Северо-Красноуральская площадь*	
	I	d/n	I	d/n	I	d/n	I	d/n	I	d/n
(111 $\beta$ )			3	(2,60)	-	-			3	(2,60)
111	10	2,35	10	2,36	10	2,37	10	2,36	10	2,35
(200 $\beta$ )			2	(2,26)	-	-				
200	9	2,03	7	2,05	8	2,05	7	2,04	5	2,04
-			-	-	-	-			3	1,592
(220 $\beta$ )			1	-	-	-				
220	8	1,437	6	1,445	8	1,436	6	1,445	9	1,444
									2	1,371
(311 $\beta$ )			4	(1,359)	-	-				
(228 $\beta$ )			2	(1,300)	-	-				
									10	1,299
311	9	1,226	10	1,234	9	1,232	6	1,232		
222	5	1,173	8	1,179	5	1,178	5	1,180	1	1,176
(400 $\beta$ )			1	(1,126)	-	-				
-			4	1,034	-	-				
400	3	1,016	6	1,0215	2	1,020				
-			2	1,008	-	-				

\*аналитик Суставов С.Г.

Химический состав минерала исследовался на рентгено-спектральном микроанализаторе Самеса SX10, а также на электронном сканирующем микроскопе JSM 6390LV фирмы Jeol с ЭДС-микроанализатором в Институте геологии и геохимии УрО РАН. Усредненный состав приведен в таблице 3.

Таблица 3

**Усредненный состав ртутистого кюстелита Северо-Красноуральской площади (масс.%)**

№ пробы	кол-во замеров	Cu	As	Te	Hg	Ag	Au	сумма
---------	----------------	----	----	----	----	----	----	-------

Таблица 3

Усредненный состав ртутистого кюстелита Северо-Красноуральской площади (масс.%)

Северная часть	0271/5,0-6,0	2**	0,05	0,03	-	10,83	49,03	39,45	<b>99,67</b>	
	0405/5,0-6,0	4**	0,05	-	-	7,54	53,55	39,53	<b>100,68</b>	
	6018-4	2**	0,05	0,59	-	5,99	57,7	35,53	<b>99,85</b>	
	7000-1	4**	0,03	-	-	11,6	52,84	35,19	<b>99,68</b>	
Южная часть	3372-4	4**	До 0,03	-	-	5,08	49,29	46,22	<b>100,64</b>	
	3372-7*	5*	-	-	-	6,768	52,28	40,95	<b>100,00</b>	
	9289*	4*	-	-	-	3,29	50,99	48,19	<b>100,00</b>	
	Ш-7/3		4**	0,04	-	-	3,12	52,49	44,06	<b>99,75</b>
			4	-	-	-	3,87	53,05	43,28	<b>100,22</b>
			4*	-	-	-	3,345	51,20	46,95	<b>100,00</b>
			3*	-	-	-	3,75	50,64	48,11	<b>100,00</b>
			4*	-	-	-	3,03	35,23	43,27	<b>100,00</b>
	Ш-7/1,5-2,1*		3*	-	-	-	-	51,73	48,27	<b>100,00</b>
			3*	-	-	-	-	52,53	47,47	<b>100,00</b>
	Ш-7/5*		2*	-	-	-	2,83	48,62	48,56	<b>100,00</b>
			3*	-	-	-	3,58	50,65	45,76	<b>100,00</b>
	Ш-4/1-3		2**	0,04	-	-	3,92	54,17	41,37	<b>99,50</b>
	Ш-5/0,3-0,6*		2*	-	-	-	-	51,01	48,99	<b>100,00</b>
	1202/9,0-10,0		2**	0,07	-	-	4,91	51,94	43,34	<b>100,26</b>
	956/1,8-2,8		1(центр1)**	0,05	-	-	3,87	53,2	42,88	<b>100,00</b>
1(край1)**			0,14	0,08	0,03	3,52	55,11	41,11	<b>99,99</b>	
1(край2)**			0,01	0,22	0,02	4,18	54,03	41,54	<b>102,00</b>	
1(центр2)**			0,12	-	-	4,67	53,89	41,32	<b>100,00</b>	
3**			0,03	-	-	3,69	52,54	43,77	<b>100,18</b>	
2**			-	-	-	3,76	49,79	45,72	<b>99,40</b>	

\*поверхность зерна; микроанализатор SEM JSM 6390LV, аналитик Главатских С.П.

\*\* срез зерна; микроанализатор Cameca SX100, аналитики Хиллер В.В., Замятин Д.А.

Основной примесью в минерале по результатам микронзондового анализа является Hg – она установлена практически во всех исследованных зернах в количестве от 2,62 до 11,6 масс.%. Помимо Hg в составе кюстелита присутствуют в незначительных количествах примеси Cu (до 0,14 масс.%), As (до 0,61 масс.%), Te (0,01-0,06 масс.%), Fe (до 0,014 масс.%). По составу кюстелит Северо-Красноуральской площади отличается более низким (в среднем) содержанием Hg и Cu по сравнению с находками этого минерала в других частях Урала. Кроме того, в краевых частях зерен присутствуют As и, редко, Te (табл. 3), данных о нахождении этих элементов в составе кюстелита из других районов нет.

Следует отметить, что кюстелит из центральной и северной частей площади по содержанию Hg близок к кюстелиту Харбейского блока. В пробах из основной минерализованной зоны (южная часть площади) содержания Hg значительно ниже.

В некоторых зернах кюстелита рудопроявления Озерное присутствует Pd (до 1,4 масс.%) [3; 9]. В кюстелите Северо-Красноуральской площади примеси Pd не обнаружено, однако на

рудопроявлении Осиновское (в северной части площади) есть находки палладистого золота (содержание Pd, по данным микрозондового анализа, составляет до 18,2 масс.%).

Полученные данные о минерализации рудопроявления Кюстелитовое, его геологической позиции, а также находки киновари и наличие ртутных аномалий в пределах площади позволяют предположить наличие на территории исследований золотого оруденения так называемого *ноксвиллского типа*, примеры которого на Урале пока неизвестны [1]. Возможность присутствия оруденения данного типа на Урале показана Э.Н. Барановым. Полагается, что оно связано с протрузиями серпентинизированных гипербазитов и зонами меланжа, которые контролируются глубинными разломами; характеризуется вкрапленными рудами с тонким дисперсным золотом и его ассоциацией с сульфидами Hg, Sb, As; а вмещающие породы карбонатизированы и лиственитизированы [1]. Рудопроявление Кюстелитовое по своей геологической позиции и минерализации соответствует вышеприведенным параметрам и предположительно может быть отнесено к данному типу оруденения.

В настоящее время рудопроявление Кюстелитовое не имеет промышленной перспективы, однако является важным в геологическом плане: это первое проявление такого типа на Урале. Золото-серебряная ртутьсодержащая минерализация, приуроченная к ультраосновным породам, свидетельствует о связи оруденения с молодыми активизационными процессами в пределах шовной зоны Серовско-Маукского глубинного разлома.

### Список литературы

1. Баранов Э.Н. Перспективы выявления на Урале ртутьсодержащих вкрапленных месторождений золота // Металлогения и геодинамика Урала : тезисы докладов III Всеуральского металлогенического совещания. - Екатеринбург, 2000. - С. 183-186.
2. Васильев В.И. Минералогия ртути. Ч. I. Самородные металлы и их твердые растворы, амальгамиды, арсениды, антимониды, теллуриды, селениды / науч. ред. д.г.-м.н. А.С. Борисенко. – Новосибирск : изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2004. – 150 с.
3. Котельников В.Г., Кузнецов С.К., Онищенко С.А., Филлипов В.Н. Медно-золото-палладиевая минерализация в ультрабазитах Войкаро-Сынинского массива на Полярном Урале // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. – 2004. - № 5. - С. 2-4.
4. Кужугет Р.В., Монгуш А.А., Мелекесцева И.Ю. Эволюция минералов ряда Au-Ag-Hg в рудах Алдан-Маадырской золоторудной зоны (Западная Тува) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ipc-publisher.ru/admin/files/2012/1/2012-4-Kujuget\(s-18-23.pdf](http://ipc-publisher.ru/admin/files/2012/1/2012-4-Kujuget(s-18-23.pdf)

5. Лавров О.Б., Кулешевич Л.В. Золоторудная минерализация Койкарской структуры, Центральная Карелия // Труды Карельского научного центра. – 2012. - № 3. - С. 87-99.
6. Некрасова А.А., Азовскова О.Б. Кюстелитовая минерализация в северной части Восточно-Тагильского ультрабазитового массива (Средний Урал) // Материалы Всероссийской конференции «Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований», т. II. – М. : ИГЕМ РАН, 2010. - С. 82-85.
7. Новгородова М.И. Самородные металлы и интерметаллиды в гидротермальных рудах. – М. : Наука, 1983. - 288 с.
8. Пискунов Ю.Г. и др. Минералогия руд Майского Au-Ag месторождения (Приморье) // Тихоокеанская геология. – 2006. - Т. 25, № 1. - С. 74-80.
9. Пыстин А.М., Потапов И.Л., Пыстина Ю.И. Проявление малосульфидных золото-платинометалльных руд на Полярном Урале // ЗРМО. - 2012. - № 4. – С. 60-73.
10. Спиридонов Э.М. Обзор минералогии золота в ведущих типах Au-минерализации // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://gold.1prime.ru/gold/info/files/dgold\\_144kola2010au.pdf](http://gold.1prime.ru/gold/info/files/dgold_144kola2010au.pdf).
11. Спиридонов Э.М., Плетнев П.А. Месторождение медистого золота Золотая Гора (о «золото-родингитовой» формации). - М. : Научный мир, 2002. – 220 с.

**Рецензенты:**

Макаров А.Б., д.г.-м.н., старший научный сотрудник, профессор кафедры ГПР МПИ ФГБОУ ВПО «УГГУ», г. Екатеринбург.

Кисин А.Ю., д.г.-м.н., ведущий научный сотрудник ИГиГ УрО РАН, г. Екатеринбург.