

В. В. Зайков, К. А. Новоселов, Ю. В. Кулешов, В. Н. Зайцев

**ЗОЛОТО И СЕРЕБРО
В РУДАХ УТРЕННЕГО И ЗВЕЗДНОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЙ
(БАЙМАКСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН, ЮЖНЫЙ УРАЛ)**

V. V. Zaykov, C. A. Novoselov, Yu. V. Kuleshov, V. N. Zaytsev

**GOLD AND SILVER IN THE ORES OF UTRENNEE AND
ZVEZDNOE DEPOSIT
(BAYMAK ORE DISTRICT, SOUTHERN URAL)**

The gold and silver distribution in the sulphide ores of Utrennee and Zvezdnoe deposit (Baymak ore district) has been analysed. Electrum, hessite, jalpaite, Bi-Ag-Te mineral (volynskite?) are gold or/and silver minerals there. Electrum constitutes 4 morphological types in pyrite ores of Utrennee deposit. Yalpaite occurs in the association with tennantite in the disseminated ores; hessite and volynskite was found in chalcopyrite-sphalerite ores of Zvezdnoe deposit. The correlation Au-Ag is a positive in the both deposit. But correlation of them with other components is different. It's a evidence of the genesis differences.

В статье изложены результаты минералогических исследований руд из керна скважин Утреннего и Звездного колчеданных рудопроявлений в Баймакском районе. Данная работа была проведена в рамках договора с Баймакским филиалом ОАО «Башкиргеология». Целью работы являлось определение форм нахождения золота и серебра и распределения их в объеме рудных залежей, анализ состава минералов благородных металлов. Баймакский рудный район, как известно, характеризуется широким развитием золото-сульфидных и золото-баритовых месторождений колчеданной формации, отличающихся от типичных колчеданных объектов повышенными содержаниями золота, серебра, свинца, цинка, некоторых рассеянных элементов и бария [2].

Материал для изучения был получен при документации скв. 4228, 4240 из рудопроявления Утреннего и 4117, 4186, 4367 из рудопроявления Звездного. Группа работала в составе В. В. Зайкова, Ю. В. Кулешова, А. Дунаева и Р. Шавалеева в июне 2001 г. Со

стороны Баймакского филиала в работах принимал участие В. Арсланов. Аналитические исследования проведены в лабораториях Института минералогии УрО РАН (микрозонд JEOL 733, оператор Чурин Е. И., микроскоп Axiolab отраженного и проходящего света), Музея Естественной истории, Лондон, Великобритания (микрозонд JEOL LV 5900, операторы J. Spratt, T. Williams). Химический анализ керновых проб выполнен в лаборатории «Башкиргеологии». При проведении работ финансовую поддержку оказали программы РФФИ (01-01-65329), INCO: Copernicus ICA2-СТ-2000-10022, INTAS.

Исследуемые рудопрооявления располагаются в восточной части Баймакского рудного района, который является фрагментом Западно-Магнитогорской островной дуги, функционировавшей в раннем и среднем девоне [1]. Оруденение выявлено работами Баймакского филиала ОАО «Башкиргеологии» при проведении поисковых работ, обоснованных В. Н. Зайцевым. Рудные тела приурочены к верхней части разреза риолит-базальтового комплекса эйфельского возраста и контролируются палеогидротермальными системами, которые выражены зонами серицит-кварцевых, хлорит-серицит-кварцевых метасоматитов.

Сульфидные залежи *рудопрооявления Утреннее* вскрыты скважинами на глубинах 400–450 м. В структурном отношении оруденение приурочено к апикальной части и склонам экструзивного риолит-дацитового купола (рис. 1). Руды перекрываются дацитами лавовой фации мощностью несколько десятков метров, выше которых залегают яшмы и вулканомиктовые отложения живета.

Основное оруденение (рудное тело 1) представлено сплошными и прожилково-вкрапленными рудами. Руды располагаются или непосредственно в эндоконтакте экструзивного купола, или опускаются вниз по разрезу на 25–30 м. Рудное тело залегает с пологим восточным падением (25–30 до 45°), протяженность его по падению и простиранию порядка 250 м. В кровле рудного тела залегают гематито-кварцевые породы сходные с продуктами придонного окисления сульфидных руд [1]. В них содержатся реликты пиритовых рудокластов. Под этими породами развиты гидротермально-осадочные золотоносные пирит-баритовые и баритовые руды мощностью 5–6 м различной текстуры: массивной, полосчатой, плейчатой и пятнистой (рудный горизонт 1). Эти руды содержат рудокласты пиритового состава размером до 1 см, слагающие рудокластитовые прослои мощностью 3–5 см. Ниже располагаются массивные и вкрапленные баритсодержащие сфалерит-пиритовые

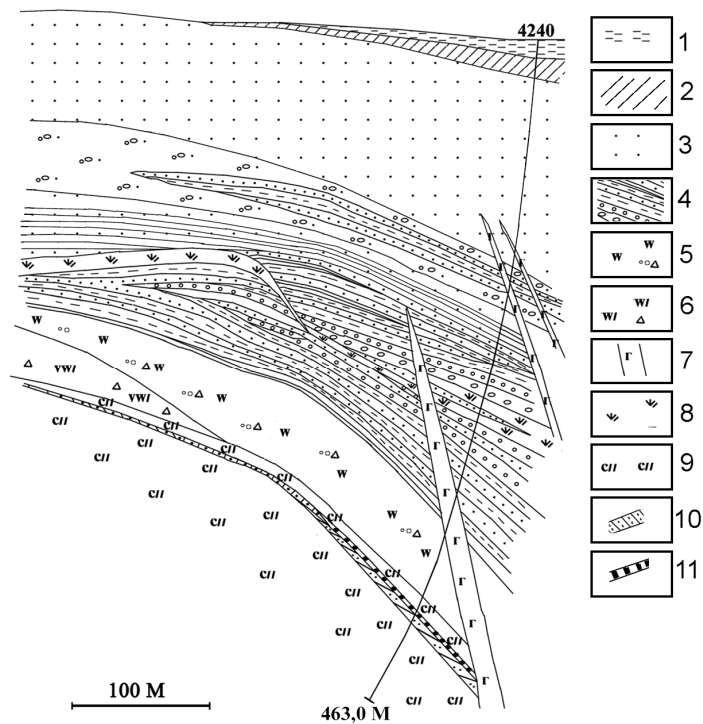


Рис. 1. Геологический разрез через Утреннее рудопроявление (по В. Н. Зайцеву).

1 – глины, суглинки; 2 – дресвянистая кора выветривания; 3 – выветрелые вулканомиктовые отложения; 4 – туфы алевролитовые, псаммитовые, гравийные; 5 – плагиоклазовые дацитовые порфириды и их лавовые брекчии; 6 – кварц-плагиоклазовые дацитовые порфириды и их лавовые брекчии; 7 – базальтовые порфириды; 8 – пироксен-плагиоклазовые андезитовые порфириды; 9 – серицит-кварцевые метасоматиты; 10 – вкрапленные цинковые руды; 11 – малосульфидные золотосодержащие руды.

и халькопирит-сфалерит-пиритовые руды мощностью до 5 м, секущиеся прожилками галенит-сфалеритового состава (рудный горизонт 2). Судя по текстурам, они имеют придонное гидротермально-метасоматическое происхождение. В подошве сплошных руд залегают прожилково-вкрапленные халькопирит-сфалеритовые и сфалеритовые вкрапленные руды (рудный горизонт 3). Они имеют гидротермально-метасоматический генезис.

Рудопроявление Звездное расположено в 3 км к востоку от месторождения Северный Туба-Каин. На рудном поле развиты преимущественно дациты и андезиты, среди которых присутствуют лавы и субвулканические интрузии (рис. 2). В разрезе установлены

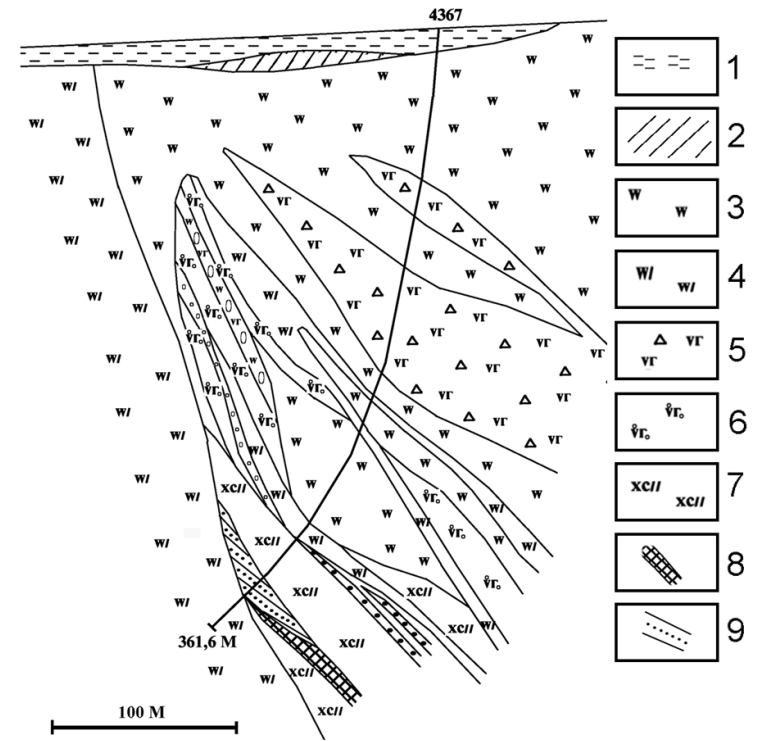


Рис. 2. Геологический разрез через рудопроявление Звездное (по В. Н. Зайцеву).

1 – глины, суглинки; 2 – дресвянистая кора выветривания; 3 – плагиоклазовые дацитовые порфириты; 4 – кварц-плагиоклазовые дацитовые порфириты; 5 – лавовые брекчии андезитов-базальтового состава; 6 – миндалекаменные андезиты; 7 – хлорит-серицит-кварцевые метасоматиты; 8 – сплошные медно-цинковые руды; 9 – вкрапленные цинковые руды.

прослой вулканомиктовых отложений с размером обломков от алевритовых до агломератовых. Подчиненное значение имеют яшмовидные кремнистые отложения. Падение стратифицированных отложений восточное под углом 30–60°. В надрудных породах, как вулканогенных, так и субвулканических, фиксируются зоны рассланцевания и брекчирования. Непосредственно рудомещающими породами являются псефито-псаммитовые вулканомиктовые отложения кислого и смешанного состава. Рудные тела сопровождаются ореолами серицит-кварцевых, кварц-серицитовых, хлорит-серицит-кварцевых и серицит-хлорит-кварцевых метасоматитов. Позиция оруденения определяется поверхностью субвулка-

нического тела кварцевых дацитов. Рудные тела или примыкают к этой поверхности или отделяются маломощными (до 1.7 м) интервалами метасоматитов. Контакт дацитов, а соответственно и рудного тела, имеет восточное падение под углом 60–80°. В местах раздувов метасоматически преобразованных пород рудные тела фиксируются и на некотором удалении (до 60–70 м) от контакта субвулканического тела.

Рудопроявления характеризуются стандартным для подобных объектов баймакского района минеральным составом, но при этом – разнообразием минеральных типов руд (табл. 1), выделяемых на основании состава и текстурно-структурных особенностей. Распределение золота и серебра неравномерное. В рудах Утреннего рудопроявления наибольшие концентрации благородных металлов наблюдаются в барит-пиритовых рудах, но для них же характерно и максимальное стандартное отклонение содержаний, что свидетельствует об очень неравномерном распределении. В целом для руд Утреннего рудопроявления среднее содержание золота составляет 4.5 г/т (при стандартном отклонении 4.6), серебра – 79.8 г/т (при стандартном отклонении 115.6). Руды Звездного проявления характеризуются более равномерным распределением благородных металлов. Средние содержания золота и серебра составляют 2.3 и 18.8 г/т соответственно (при стандартном отклонении 1.4 и 11.2). Рассмотрение корреляционных связей компонентов руд показывает различный характер связей между рудообразующими элементами, золотом и серебром для Утреннего и Звездного проявлений (рис. 3). В первом четко обозначена серноколчеданная и полиметаллическая ассоциации элементов, причем серебро тяготеет к серноколчеданной ассоциации, а золото имеет значимую положительную связь только со свинцом и серебром. Для руд Звездного рудопроявления четкого разделения компонентов на различные ассоциации не наблюдается. Все компоненты так или иначе связаны между собой, особняком стоит только свинец, не образующий положительных связей с другими компонентами, и цинк, коэффициенты корреляции которого с серой, золотом и серебром приближаются к уровню значимости.

Минералы благородных металлов в рудах представлены самородным золотом (электрум), ялпаитом, гесситом, волынски-том (?).

Самородное золото (электрум) довольно часто встречается в рудах Утреннего рудопроявления, где образует выделения размером первые микроны в пирите и барите. В пирите установлено четыре типа выделений:

Таблица 1

Минеральные типы руд Утреннего и Звездного рудопроявлений

Типы руд	Рудопроявление Утреннее			Рудопроявление Звездное		
	Текстуры	Минеральный состав	Au/Ag, г/т*	Текстуры	Минеральный состав	Au/Ag, г/т
Барит-пиритовый обогащенный Au и Ag	Брекчиевые, полосчатые, плейчатые, брекчиевые	Барит, пирит, сфалерит, галенит, халькопирит, электрум	4.7/137.4 (6.0/196.7)	Не выявлен		
Барит-пирит-сфалеритовый	Полосчатые, пятнистые, массивные, прожилковые	Барит, пирит, сфалерит, галенит, теннантит, кальцит	4.2/82.5 (3.4/52.0)	Не выявлен		
Барит-халькопирит-сфалеритовый	Прожилковые, пятнистые, вкрапленные	Халькопирит, сфалерит, галенит, барит	5.7/68 (5.4/64.4)	Не выявлен		
Халькопирит-пиритовый	Не выявлен			Однородные и пятнистые, брекчиевые. Микротекстуры кавернозные	Халькопирит, пирит, барит	3.2/23.6 (1.0/5.6)
Пирит-халькопирит-сфалеритовый вкрапленный	Не выявлен			Брекчиевые, пятнистые, слоистые, полосчатые	Халькопирит, сфалерит, пирит, галенит, теннантит, барит, алтаит, гессит, вольтинскит (?)	2.7/25.7 (1.5/9.4)
Барит-халькопирит-сфалеритовый вкрапленный	Не выявлен			Прожилковые, вкрапленные, полосчатые	Сфалерит, халькопирит, барит, пирит	3.7/28.1 (0.6/8.1)
Барит-пирит-сфалеритовый вкрапленный	Не выявлен			Полосчатые, пятнистые	Барит, пирит, сфалерит	1.3/12.8 (0.8/7.5)

Примечание: среднее по данным химанализа керновых проб, в скобках приведены соответствующие стандартные отклонения.

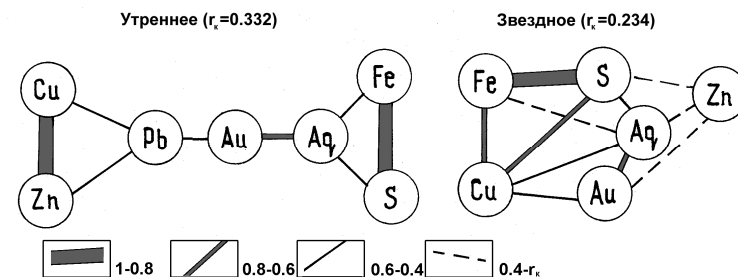


Рис. 3. Корреляционные связи между рудообразующими компонентами, золотом и серебром в рудах Утреннего и Звездного проявлений. Толщина линий демонстрирует силу связи, r_k – уровень значимости.

- одиночные изометричные, в виде кристаллов кубического габитуса, в краевой части зерен пирита-II, обрастающего пирит-I; содержание Au 55.7–56.1 %, Ag 38–39 % (табл. 2);
- округлые, совместно со сфалеритом и халькопиритом, выделения, также в краевой части пиритовых кристаллов;
- сростки V-образной формы в трещинках, залеченных жилками сфалерита и галенита;
- точечные выделения, совместно с зернами халькопирита, галенита и сфалерита, образующие сыпь в краевых частях пиритовых кристаллов.

В барите наблюдаются сростки золота + сфалерит + халькопирит изометричной формы.

Ялпаит ($CuAg_3S_2$) наблюдается на Утреннем рудопроявлении в сростках с теннантитом среди кварц-баритовой массы (рис. 4). Форма выделений вытянутая, рельеф минерала шагреновый, отражательная способность близка к теннантиту. По данным рентгеноспектрального анализа содержание Ag – 71.5–75 %, Cu 7–6 %, S 14–15 % (см. табл. 2). Ранее ялпаит был встречен в рудах Майского месторождения, где он выполняет интерстиции между зернами кварца, сфалерита, халькопирита и блеклой руды в прожилково-вкрапленных рудах [2].

Гессит (Ag_2Te) встречен в халькопирит-сфалеритовых рудах Звездного проявления: 1) в срастании со сфалеритом и галенитом на границе с халькопиритом и 2) вдоль границы теннантита и кварца совместно с теллуридом висмута и серебра. Выделения его имеют размер порядка 0.02–0.03 мм и меньше, ксеноморфен. Отражательная способность чуть меньше халькопирита, анизотропия ясная с цветным эффектом в коричневых тонах, двуотражения не наблюдается. Цвет минерала в ассоциации с галенитом отчетливо

Таблица 2

Результаты рентгено-спектрального анализа минералов золота и серебра

№	Проба	Минерал	Cu	Zn	Pb	Fe	Au	Ag	Bi	Te	As	Sb	S	Сумма
1	4228/426.5	золото	0.00	0.00	0.00	1.33	55.66	37.93	0.00	0.19	0.00	0.00	0.63	96.12
2	4228/426.5	золото	0.00	0.00	0.00	1.11	56.04	38.63	0.00	0.26	0.00	0.00	0.51	97.02
3	4228/426.7	ялпаит	7.04	0.00	0.00	0.00	0.00	75.05	0.00	0.34	5.06	0.63	13.82	101.94
4	4228/426.7	ялпаит	6.36	0.00	0.00	0.00	0.00	71.57	0.00	0.41	5.48	1.22	14.99	100.02
5	4117/353.7	гессит	0.61	0.83	0.00	0.45	0.00	64.11	0.00	37.64	0.00	0.36	0.36	104.37
6	4117/353.7	гессит	0.59	0.00	0.00	0.45	0.00	62.75	0.00	37.42	0.00	0.36	0.35	101.92
7	4117/353.7	Гессит	0.66	0.00	0.00	0.41	0.00	63.07	0.00	37.48	0.00	0.35	0.33	102.30
8	4117/353.7	Гессит	0.63	0.00	0.00	0.45	0.36	63.54	0.00	37.34	0.00	0.35	0.36	103.01
9	4117/353.7	гессит	0.59	0.00	0.00	0.43	0.31	62.44	0.00	37.17	0.00	0.36	0.39	101.70
10	4117/353.7	Гессит	0.54	0.00	0.00	0.37	0.00	59.88	0.00	34.46	0.00	0.22	0.80	96.27
11	4117/353.7	Волынскит	6.51	0.00	1.17	0.52	0.43	13.55	23.520	33.811	1.40	0.483	2.84	84.236
12	4117/353.7	Волынскит	6.78	0.00	1.06	0.48	0.00	6.06	31.701	29.508	1.52	0.451	3.19	80.746
13	4117/353.7	Волынскит	18.05	0.00	0.00	1.74	1.48	4.04	27.333	22.394	6.22	0.805	11.57	93.629

Примечание: JEOL-733, Институт минералогии УрО РАН, аналитик Е. Чурин

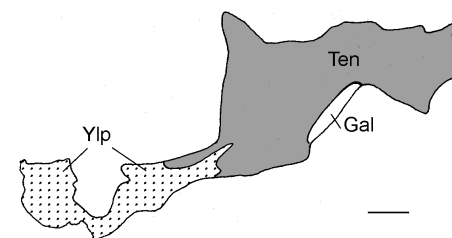


Рис. 4. Сrostок теннантита с ялпаитом среди кварц-баритовой массы. Зарисовка с фотографии. Ten – теннантит, Gal – галенит, Ylp – ялпаит. Рудопроявление Утреннее, 4228/426.7. Масштабная линейка 50 мкм.

серый с очень слабым розоватым оттенком. Рельеф в аншлифе заметно ниже халькопирита и сфалерита и близок к рельефу галенита. Относительно высокий рельеф и хорошая склонность к полировке не позволили идентифицировать минерал как гессит Ag_2Te при микроскопическом изучении образца, так как последний полируется очень плохо и имеет самую низкую твердость полировки среди других теллуридов [3]. Тем не менее микронзондовый анализ соответствует гесситу (см. табл. 2). Размер выделений не позволяет получить качественный анализ минерала. Учитывая, что гесситу свойственна стехиометричность состава, при расчете кристаллохимических формул учитывались только Ag и Te.

Минерал Bi-Ag-Te (волынскит). Пластинчатые кристаллы, размер которых на пределе разрешения оптического микроскопа (0.01–0.005 мм), совместно с гесситом трассировали границу теннантита и кварца. Для них характерен белый цвет, относительно высокая отражательная способность. Эффекты анизотропии гасятся внутренними рефлексиями расположенного рядом кварца. Микронзондовый анализ демонстрирует преобладание в составе Bi, Ag и Te (табл. 2), хотя кондиционных результатов из-за размеров выделений получить невозможно. Интересно, что теннантит, вмещающий минерал, также содержит примесь Bi.

Очевидно, что минерал принадлежит к группе теллуридов висмута, серебра и свинца. Пластинчатый габитус для этих минералов характерен, оптические свойства также довольно близки, за исключением цвета. Составу Bi-Te-Ag отвечает только минерал волынскит $AgBiTe_2$, который редко встречается в контактово-метаморфизованных участках Au-Bi-Te гидротермальных руд [3]. Для колчеданных руд баймакского района волынскит ранее не отмечался. П. Ф. Сопко с соавторами [2] был описан теллуrowисмутит, определенный на основании оптических констант, в рудах, богатых халькопиритом, но относительно бедных сфалеритом и галенитом. Следует также отметить, что в халькопирит-сфалеритовых рудах, содержащих гессит и волынскит (?), наблюдался и алтаит $PbTe$.

Заключение

Таким образом, проведенные коллективом авторов работы позволили охарактеризовать благороднометальное оруденение двух типичных рудопоявлений баймакского района, включая минеральный состав, распределение золота и серебра в объеме рудного тела и в различных типах руд. При малой мощности рудных интервалов рудные залежи характеризуются широким набором минеральных ассоциаций, свидетельствующих о высокой фациальной изменчивости руд. Общим является обогащенность всех разновидностей баритом. Минералы золота представлены микронными зернами электрума в барит-пиритовых рудах придонной гидротермально-метасоматической фации на Утреннем рудопоявлении. Минералы серебра выявлены в медно-цинковых вкрапленных рудах (ялпаит, гессит, волинскит). Золото и серебро в обоих рудопоявлениях связаны между собой значимой положительной корреляционной связью. Но взаимоотношения их с другими компонентами свидетельствуют о значительных различиях в процессах рудообразования рассматриваемых рудопоявлений.

Дальнейшие минералого-технологические исследования рудных полей позволят детализировать формы нахождения благородных и редких металлов (в том числе Те, Сd) и решить некоторые генетические проблемы. Требуется более полный минералогический и рудно-фациальный анализ керна пробуренных скважин для определения перспектив выявления новых рудных залежей на разных стратиграфических уровнях.

Литература

1. *Масленников В. В., Зайков В. В.* Колчеданоносные палеогидротермальные поля окраинно-океанических структур Урала (классификация, рудные фации, модель развития). Миасс, 1998. 91 с.
2. *Сопко П. Ф., Исмаилов М. И., Серавкин И. Б., Сопко Л. Н.* Колчеданные месторождения Баймакского рудного района (геология и условия образования). М.: Наука, 1973. 224 с.
3. Справочник-определитель рудных минералов в отраженном свете / Чвилева Т. Н., Бессмертная М. С., Спиридонов Э. М. и др. М.: Недра, 1988. 504 с.

