

СТАНИСЛАВ ЕЛЕНЬ* — АЛЕКСАНДР ДМИТРИЕВИЧ ГЕНКИН* — ВЛАДИМИР
АЛЕКСАНДРОВИЧ КОВАЛЕНКЕР* — ИРИНА ПАВЛОВНА ЛАПУТИНА* — СОФИЯ
МОИСЕЕВНА САНДОМИРСКАЯ* — РАДОМИР ГАЗДИК**

ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ЖИЛЫ ТЕРЕЗИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАНСКА ШТЬЯВНИЦА

(Рис. 15, Таб. 7)



Резюме: Приводятся новые данные по условиям нахождения, особенностям химического состава и свойств минералов серебра и золота из жилы Терезия месторождения Банска Штьявница. Микроскопическое исследование полированных шлифов выявило присутствие минералов серебра на верхних, средних и глубоких горизонтах жилы. Установлены полибазит, пирсеит, минералы пираргирит-пруститового и тетраэдрит-фрейбергитового рядов, акантит и электрум. Выявлена преимущественно минеральная форма нахождения серебра в рудах.

Abstract: New data on the mode of occurrence and the chemical composition of the silver and gold minerals have been obtained during the course of microscopic and the electron microprobe studies of the ores of the Terezia vein at Banská Štiavnica deposit. Polybasite, pearceite, the minerals of pyrrargyrite—proustite and tetrahedrite—freibergite series, acanthite and electrum are found in the ores. The silver minerals are encountered at upper, middle and deep levels of the vein. The most portion of silver is concentrated rather in the silver minerals than as a solid solution in the sulfides.

Введение

Один из старейших в Европе Штьявницкий рудный район расположен в южной части Штьявницких гор. Первое упоминание о добыче здесь золота и серебра относятся к VIII веку н. э. Период наивысшего расцвета Штьявницких рудников приходится на 1740—1866 гг., когда ежегодно добывалось в среднем по 166 кг золота и 7612 кг серебра (К о д е р а, 1963), а рекордная добыча в 1740 г. составила 604 кг золота и 23 т серебра (В ö h m e r, 1980). В последующие годы масштабы разработки золото-серебросодержащих полиметаллических руд Банской Штьявницы резко снижаются в связи с исчерпанием запасов богатого сырья.

Новый этап горнодобывающей промышленности Штьявницкого района начинается в 60-х годах в связи с выявлением значительных перспектив жильного, а также богатого метасоматического полиметаллического оруденения на глубину. Вполне естественно, что наряду с основными компонентами этих руд — свинцом, цинком, медью, не меньший интерес для перерабатывающей промышленности представляют также попутные золото и серебро.

* Д-р С. Елень, проф. А. Д. Генкин, д-р В. А. Коваленкер, И. П. Лапутина, д-р С. М. Сандомирская, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР, Старомонетный пер. 35, 109 017 Москва.

** Инж. Р. Газдик, Рудные Бане, Банска Штьявница.

В прошлом минералы золота и серебра довольно часто встречались на верхних горизонтах южных и восточных флангов штыявницких жил (Bernard, 1981; Herčko, 1984). Чаще всего из минералов серебра упоминались стефанит и полибазит, реже — пираргирит, прустит, аргентит, самородное серебро. Отмечались единичные находки пирсента (Kouřimský, 1958) и пиростильпнитита (Veske, 1880) в кн. Herčko, (1984). Детальные исследования парагенезисов руд жилы Терезия, проведенные М. К од е р о й (Koděra, 1956), подтвердили ассоциацию полибазита с тетраэдритом, а минералогическое изучение В. Д а д а к о м (Dadák, 1983, 1985) образцов руд, отобранных с различных горизонтов жил Терезия, Бибер, Шпиталер позволило установить кроме полибазита присутствие в них также акантита, серебросодержащего тетраэдрита и электрума. Следует, однако, отметить, что идентификация перечисленных выше минералов основывалась либо на изучении их оптических свойств под микроскопом, либо на результатах диагностического травления, и лишь в исследованиях В. Д а д а к а в ограниченных объемах был использован микрорентгеноспектральный анализ (полуколичественные и качественные определения состава некоторых минералов).

Возобновление отработки ряда участков рудных жил на верхних горизонтах, значительное развитие горных работ на глубину позволило нам совместно с рудными геологами Банской Штыявницы (Р. Г а з д и к, И. Л и с ы и др.) отобрать систематическую коллекцию представительных образцов руд, характеризующих центральную часть жилы Терезия по всему доступному в настоящее время ее вертикальному разрезу. Схема отбора образцов приведена на рис. 1.

Детальные микроскопические исследования большого количества полированных шлифов, приготовленных из перечисленных выше образцов, позволили выявить присутствие минералов серебра среди рудной минерализации не только на верхних, но и на средних, и на глубоких горизонтах.

Химический состав обнаруженных минералов изучен с помощью микрорентгеноспектрального анализа на приборах MS-46 «Самеса» (И. П. Л а п у т и н а) и «Самебах» (С. М. С а н д о м и р с к а я). Было выполнено 76 количественных и полуколичественных анализов электрума, полибазита, пирсента, Ag-тетраэдрита, пираргирита, прустита, акантита.

Спектральные кривые отражения сняты на усовершенствованном Л. Н. В я л ь с о в ы м спектрофотометре МСФП-2 (эталон-кремний, объектив 21 x 0,40, диаметр фотометрируемого участка — 15 мкм). Все сечения минералов в полированных шлифах были измерены в строго горизонтальном положении к оптической оси объектива микроспектрофотометра, что достигалось при помощи специального столика, обеспечивающего точность установки порядка 15—20". Точность измерений с учетом всех погрешностей составляет $\pm 2^0_0$.

Порошкограммы минералов получены из микроколичеств вещества, извлеченного под микроскопом из полированных шлифов, в камере РКД—57,3 мм (Fe-излучение, без фильтра) Г. В. Б а с о в о й. Расчет параметров элементарной ячейки минералов выполнен Т. Л. Е в с т и г н е в о й.

Монофракции галенита, сфалерита и халькопирита для анализов отбирались под бинокулярной лупой из фракций $0,5 + 0,25$ мм. Определение элементов примесей галенита, сфалерита и халькопирита проводилось количественным спектральным анализом из микронавесок на приборе PGS-2 в лаборатории спектрального анализа ИТЕМ Г. Е. Бел о у с о в ы м. Часть монофракций была анализирована атомно-абсорбционным методом из навесок 100 мг на спектрофотометре фирмы В а р и а н, модель АА 875 Г. Е. К а л и н ч у к.

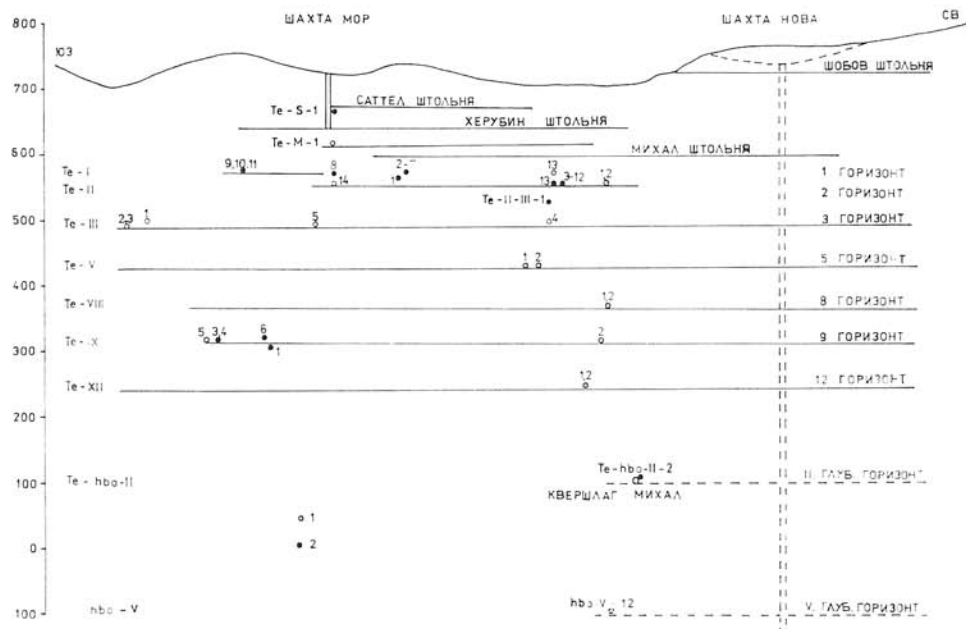


Рис. 1. Схема отбора образцов в вертикальном разрезе жилы Терезия.

Пояснения: 1 — образцы, в которых не были обнаружены минералы серебра и золота; 2 — образцы с минералами серебра и золота.

Краткие сведения о геологическом строении и минеральном составе руд месторождения Банска Штьявница

В строении Банско-Штьявницкого рудного поля, по данным Я. Ш т о л а (Š t o h l, 1962), принимают участие в основном эффузивные породы, среди которых преобладают пироксеновые андезиты, а пирокластические разности не имеют значительного развития. В меньшей мере распространены дацитовые дайки, мощность которых варьирует от нескольких метров до нескольких сотен метров, а также субвулканические тела гранодиоритов и кварцевых диоритов. Подчиненную роль среди вмещающих пород играют отложения так называемого Карпатского фундамента —

слюдяные сланцы, конгломераты, песчаники палеозоя и сланцы, кварциты, доломиты и известняки триаса.

В рудном доле известно более 120 рудных жил, основные из которых простираются в северо-восточном направлении и круто ($70-90^\circ$) падают на восток. Рудные жилы, часто представленные жильными зонами сложного строения, приурочены главным образом к пироксеновым андезитам, реже встречаются в дацитах и диоритах. Протяженность основных жил от 3 км (Бренер, Штефан, Микулаш и др.) до 6—8 км (Грюнер, Терезия, Розалия и др.) при мощности 0,5—2,5 м (Бемер — Штол, 1971). Вертикальный размах оруденения достигает при этом 1300 м (Брай — Бурян — Штол, 1980).

Жилы и жильные зоны характеризуются неравномерным распределением рудной минерализации — наиболее высокие концентрации полезных компонентов локализируются в рудных столбах, длиною от десятков до первых сотен метров по простиранию и приуроченных к местам изгиба рудовмещающих структур или ответвления апофиз жил. В карбонатных породах фундамента, в местах пересечения их рудолокализирующими структурами и дайками дацитов развиты метасоматические залежи богатых полиметаллических руд (Koděra — Michalenko — Pástor, 1966).

Рудные жилы Банской Штьявницы сложены многочисленными разновидностями кварца (от опала и халцедона до аметиста), родонитом, баритом, различными карбонатами, а также рудными минералами — галенитом, сфалеритом, халькопиритом, пиритом, марказитом, гематитом, блеклыми рудами, сульфидами и сульфосолями серебра, висмутовыми сульфосолями, шеелитом, самородным золотом и серебром. Преобладают среди рудных минералов галенит, сфалерит и халькопирит (Кодера, 1963).

По представлениям М. Кодеры (Koděra, 1963; Кодера, 1963), которых придерживается и ряд других исследователей (Бемер — Штол, 1967, 1971), в истории формирования минерализации рудных жил Банской Штьявницы можно выделить шесть периодов (стадий), два из которых — второй и четвертый — продуктивные. В эти периоды образовалась основная масса галенита, сфалерита, халькопирита, а также пирит, блеклые руды, минерлы золота, серебра и висмута. Для ранних стадий характерно образование родонита и импрегнированного гематитом кварца (цинопеля), а для поздних — карбонатов и барита.

Рудные жилы месторождения вследствие неодинакового количества стадий, проявленных в разных участках жил и месторождения в целом, различного распределения минеральных ассоциаций по латерали и вертикали, характеризуются сложной моно- и полиасцентной зональностью (Koděra, 1963, 1965; Кодера, 1963). Центральная часть рудного поля на верхних горизонтах сложена свинцово-цинковыми рудами с преобладанием галенита и сфалерита, незначительными количествами пирита и халькопирита, субмикроскопическими выделениями золота и серебра. По периферии рудного поля (восточный и южный фланги) в жилах преимущественное развитие получают золото-серебряные руды с небольшим количеством галенита, сфалерита и пирита.

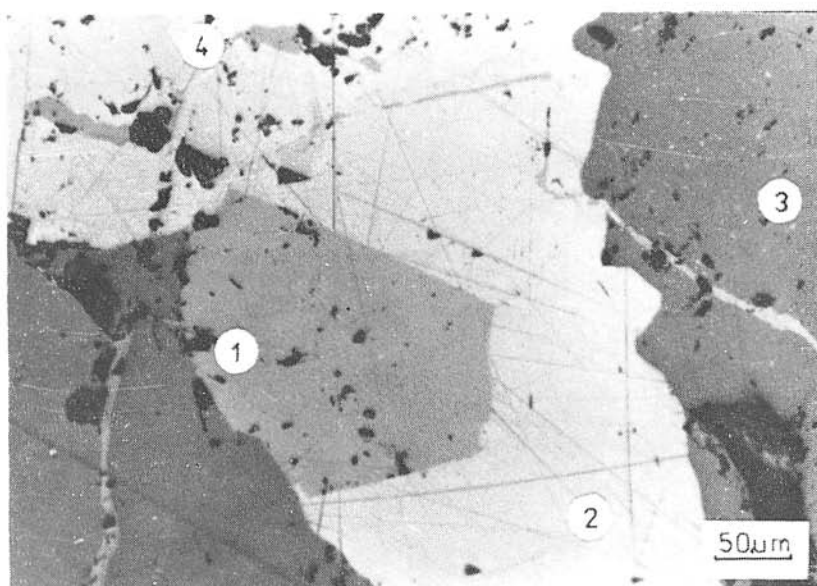


Рис. 2. Гипидиоморфное зерно Ag-тетраэдрита (1) (ан. 9) в галените (2). Тонкие прожилки Ag-тетраэдрита секут сфалерит (3). В халькопирите (4) наблюдаются мелкие выделения Ag-тетраэдрита.

В вертикальном разрезе рудного поля по концентрациям основных полезных компонентов выделено три зоны: до глубины 150 м — зона, обогащенная золотом и серебром (отношение Ag/Au варьирует от 10 до 1000), от 150 до 300—400 м — свинцово-цинковая (галенит-сфалеритовая с халькопиритом) зона и глубже 400 м — медная (халькопиритовая с галенитом, сфалеритом, висмутовыми сульфосолями и шселитом) зона (Koděra, 1963, 1965; Кодера, 1963).

Условия нахождения минералов серебра и золота

При микроскопическом изучении руд жилы Терезия нами установлены электрум, акантит, полибазит, пирсеит, пираргирит, минералы пираргирит-пруститового и тетраэдрит-фрейбергитового рядов. Они, как правило, не образуют значительных скоплений и находятся обычно в тесной ассоциации с галенитом, халькопиритом, сфалеритом, кварцем и карбонатами.

Наиболее распространенными минералами серебра в изученных нами шлифах являются полибазит и серебросодержащий тетраэдрит.

Серебросодержащий тетраэдрит образует выделения размером до 300 мкм в халькопирите и галените. Иногда они представлены зернами с частично правильными кристаллическими ограничениями (рис. 2). Минерал развивается по границам зерен халькопирита, сфалерита, пирита, кварца, в редких случаях вместе с марказитом. В некоторых

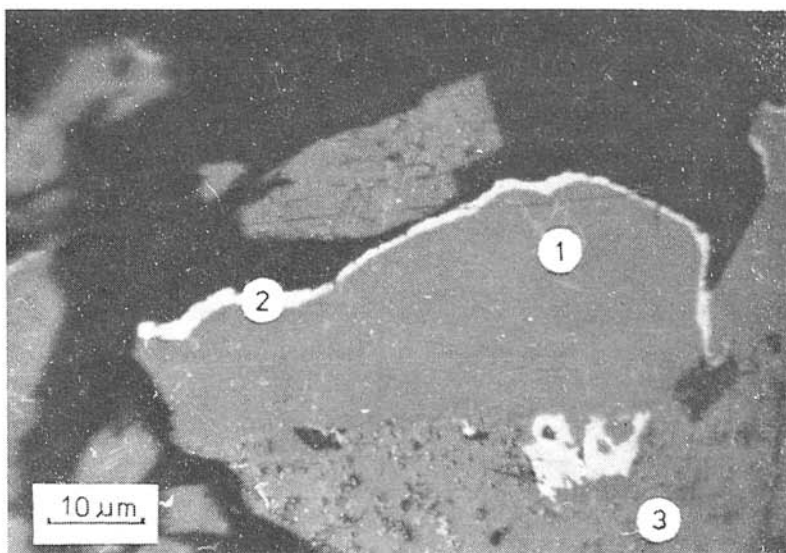


Рис. 3. Зерно Ag-тетраэдрита (1) (ан. 2), окруженное каймой позднего халькопирита (2), нарастающей на кристалл полибазита (3). Снято в иммерсии.

участках Ag-тетраэдрит окаймляет и разъедает кристаллы кварца. Довольно часто наблюдаются сростания Ag-тетраэдрита с полибазитом (рис. 4а), реже с минералами пираргирит-пруститового ряда. Иногда Ag-тетраэдрит образует мелкие ксеноморфные выделения по границам с этими минералами. В других участках сульфосоли серебра как более поздние образования замещают халькопирит. Следует отметить и другие возрастные соотношения сульфосолей с халькопиритом. Наблюдаются тончайшие нитевидные прожилки позднего халькопирита, секущие Ag-тетраэдрит, и каймы халькопирита вокруг выделений Ag-тетраэдрита и полибазита (рис. 3).

Полибазит-пирсит. Выделения полибазита в шлифах прослеживаются по всему вертикальному разрезу жилы. Он образует мелкие ксеноморфные зерна размером до 50 мкм в галените, халькопирите, довольно часто выделяется по их границам, а также по границам кристаллов кварца с сульфидами. В других местах встречается в виде более крупных зерен (до 600 мкм), которые замещают вместе с Ag-тетраэдритом галенит и халькопирит. Иногда зерна полибазита заполняют самостоятельно или вместе с галенитом и халькопиритом промежутки между крупными кристаллами пирита и кварца. Реже наблюдаются совместные прожилки полибазита и Ag-тетраэдрита в халькопирите и сфалерите и самостоятельные цепочечные прожилки в сплошном халькопирите. В этом же халькопирите полибазит совместно со сфалеритом наблюдается также в прожилках карбоната, секущих халькопирит. Следует отметить образование секториальных прожилков (рис. 6) полибазита и халькопирита в сфалерите.

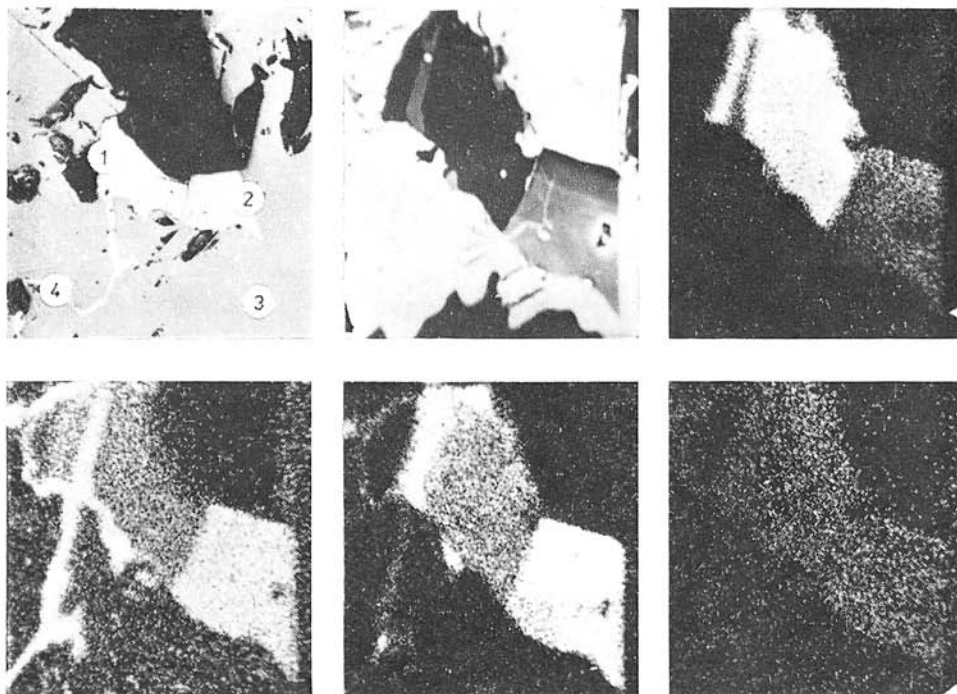


Рис. 4. а) Срастание полибазита (1) и Ag-тетраэдрит-теннанита (2) (ан. 8) среди сфалерита (3), перескаемого прожилком халькопирита (4). Изображение сканированного участка: б) в поглощенных электронах (в положительной модуляции); в) в рентгеновском излучении $AgL\alpha$; г) $CuK\alpha$; д) $SbL\alpha$; е) $AsL\alpha$. Размер сканируемого участка 120 x 120 мкм.

Пирсеит в рудах является редким минералом. Было встречено два зерна размером до 100 мкм в галените, а также ориентированное срастание с полибазитом (рис. 7) среди мелкозернистого карбоната.

Минералы ряда пираргирит-прустит встречаются в изученных нами рудах значительно реже, чем описанные выше минералы. Они были идентифицированы в 2 образцах с 1-ого и 9-ого горизонтов. Минералы образуют неправильной формы выделения с размером до 100 мкм в полибазите (рис. 8) и срастания с Ag-тетраэдритом, замещающая вместе с последним выделения халькопирита в мелкозернистом карбонате.

В изученных нами шлифах акантит встречается редко. В образцах из верхних частей жилы зерна размером до 100 мкм находятся в тесной ассоциации с электрумом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом, кварцем и другими жильными минералами. Он выделяется самостоятельно среди нерудных минералов или в зернах сфалерита, который он замещает (рис. 9). В образце из глубоких частей жилы было обнаружено одно зерно акантита в срастании с полибазитом, халькопиритом, пиритом и кварцем.

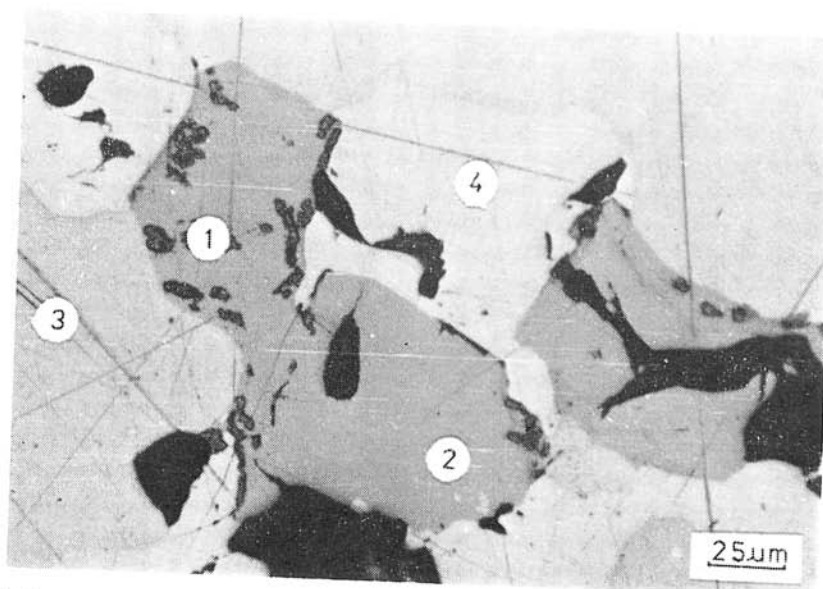


Рис. 5. Срастание полибазита (1) (ан. 14) и Ag-тетраэдрита (2) (ан. 15) в галените (3) и халькопирите (4) из 2 глубинного горизонта.

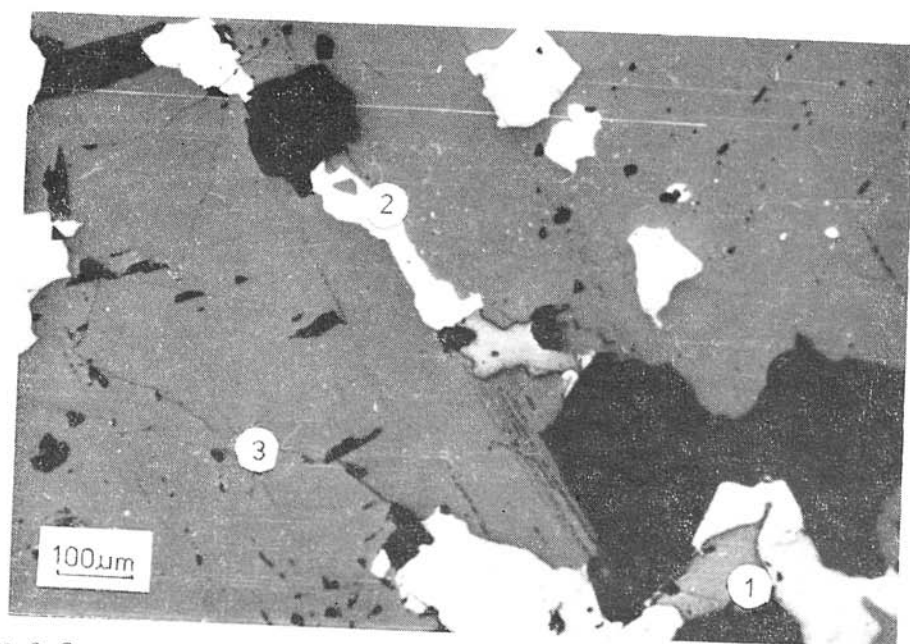


Рис. 6. Секториальный прожилок полибазита (1) и халькопирита (2) в сфалерите (3). Светло-серое — галенит, черное — кварц.

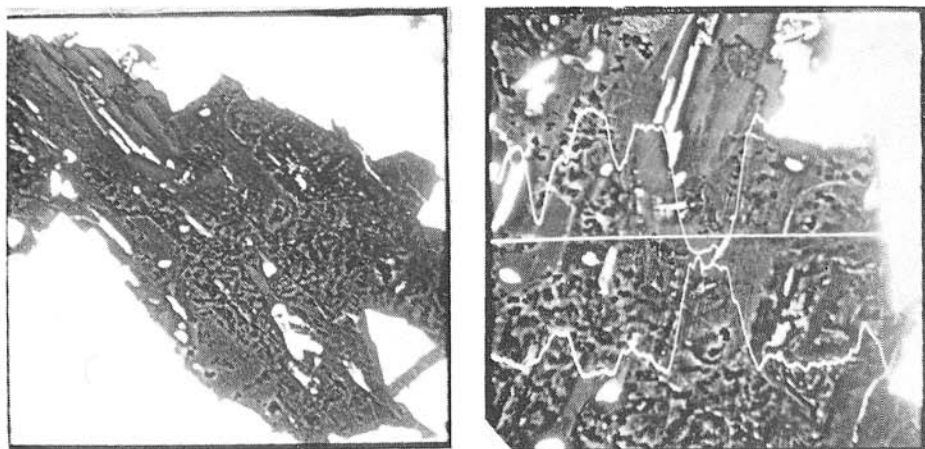


Рис. 7. Ориентированное срастание полибазита (ан. 8) и пирсита (ан. 16): а) общий вид зерна в поглощенных электронах (увеличение 800 х); б) фрагменты участка сканирования в поглощенных электронах и осциллограмма рентгеновского излучения SbL_{α} (верхняя кривая), AsK_{α} (нижняя кривая); прямая — профиль сканирования (увеличение 1600 х).

Электрум встречается в рудах редко. Он был обнаружен в 3 образцах из верхних горизонтов жилы, где образует мельчайшие изометричные выделения размером преимущественно до 15 мкм и только в единичных случаях — 50 мкм. Электрум выделяется в основном по границам зерен раннего сфалерита. В отдельных случаях наблюдаются каймы электрума, замещающего сфалерит (рис. 10). Минерал встречается также и в виде самостоятельных зерен в кварце и других нерудных минералах, изредка в срастании с халькопиритом или акантитом в сфалерите. Иногда его выделения приурочены к границам галенита с халькопиритом, которые заполняют интерстиции в кварце (рис. 11).

В образце из 1 горизонта электрум был встречен вместе с Ag-тетраэдритом, пираргирит-пруститом и поздним халькопиритом в кристалликах полибазита нарастающих в пустоте на кристаллы халькопирита и кварца.

Особенности химического состава и свойств минералов серебра и золота

Выше было отмечено, что минералы серебра в жиле Терезия представлены преимущественно серебросодержащим тетраэдритом и полибазитом, а золота — электрумом. В этой связи, основной объем микрозондовых исследований использован для определения состава именно этих минералов. Такой подход оправдан и тем, что и тетраэдрит, и полибазит являются минералами переменного состава, что позволяло надеяться на возможность подметить вариации их химизма в зависимости от принадлежности к той или иной ассоциации, либо от глубины образования.

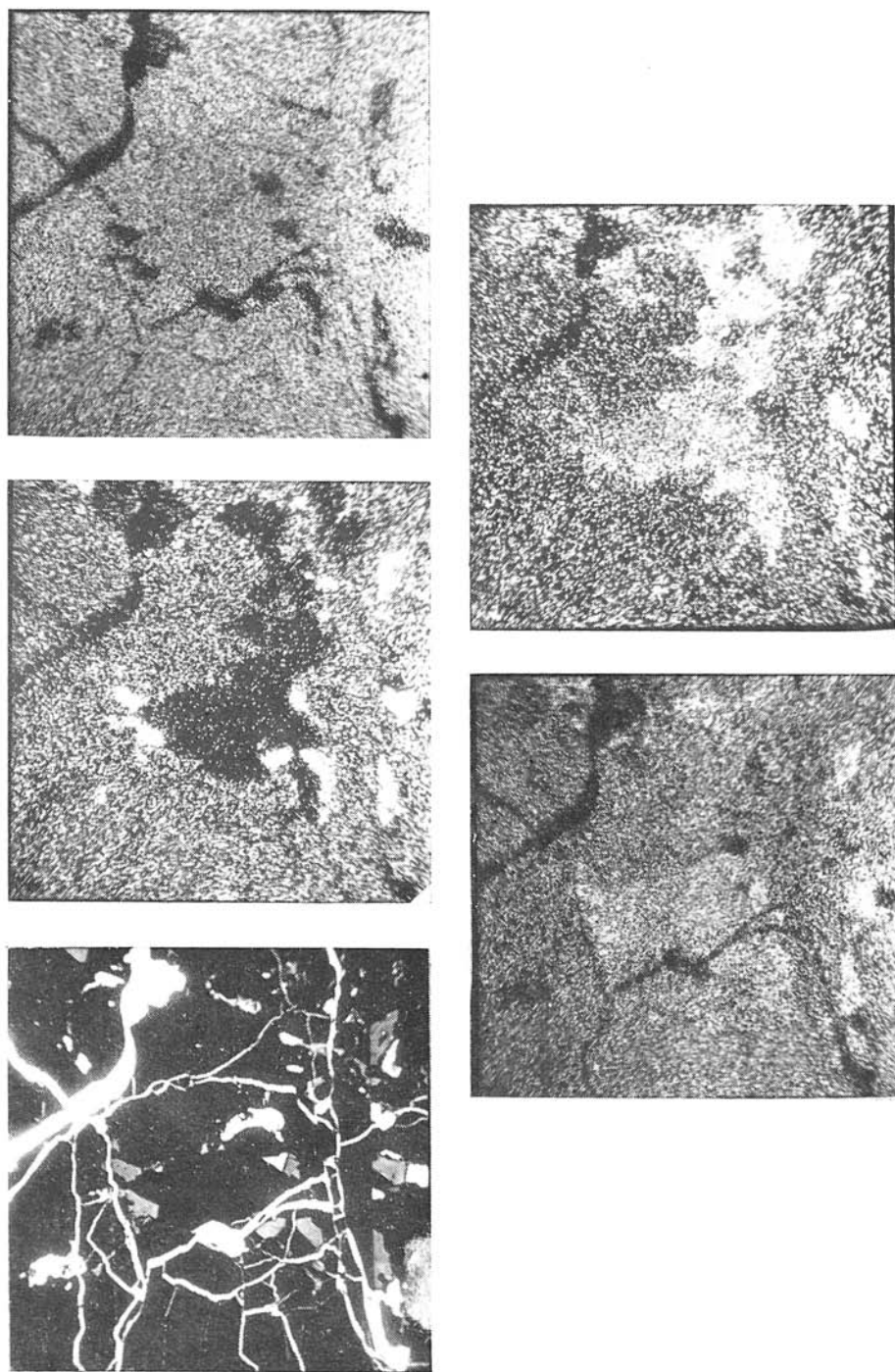


Рис. 8. Срастание полибазита и пирротит-прусита; по их границе выделяются мелкие ксеноморфные зерна Ag-тетраэдрита. Изображение сканируемого участка: а) в поглощенных электронах; б) в рентгеновском излучении CuK_{α} ; в) AgL_{α} ; г) SbL_{α} ; д) AsK_{α} (увеличение 600 х).

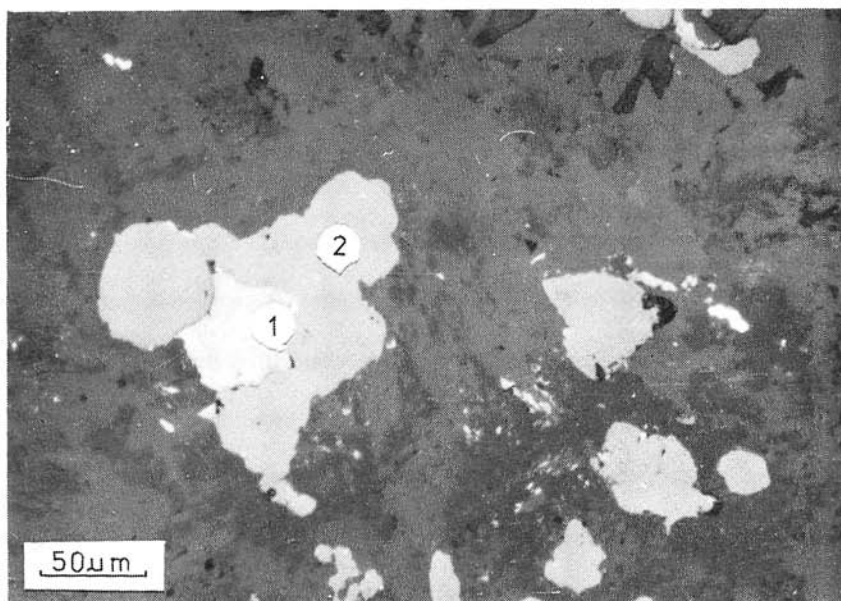


Рис. 9. Выделение акантита (1) в сфалерите (2). Ярко-белое зерно в правой части фотографии — электрум.

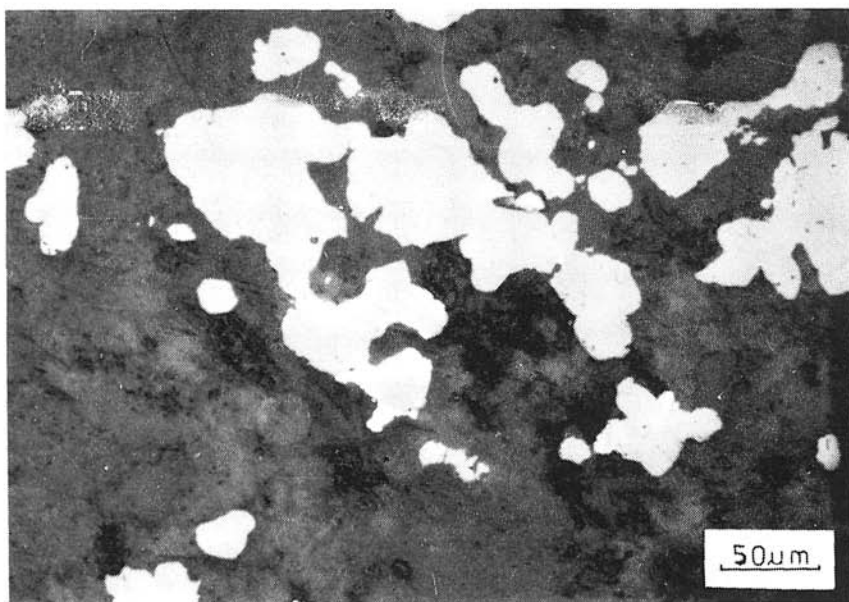


Рис. 10. Каски электрума (ярко-белое), замещающего сфалерит (светло-серое) по периферии его зерен.

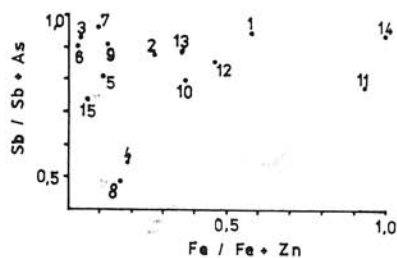


Рис. 11. Круглое выделение электрума (ярко-белый) в зерне галенита (светло-серый), срastaющемся с халькопиритом (белый) и сфалеритом (темно-серый) в интерстиции кварца (черный).

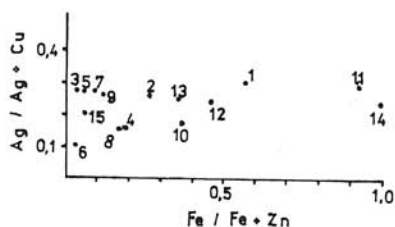
Серебросодержащий тетраэдрит. Результаты анализа этого минерала приведены в табл. 1, из которой видно, что анализировались в основном образцы, характеризующие руды верхних (1, 2) и нижних (9, 2^й глуб.) горизонтов жилы Терезия, вертикальный размах между которыми составляет около 600 м.

В целом все проанализированные блеклые руды принадлежат тетраэдрит-фрейбергитовому ряду и лишь в двух образцах [Te-I-II(a) и Te-I-I(7)] содержание теннантитовой молекулы (51 % и 54 %) несколько

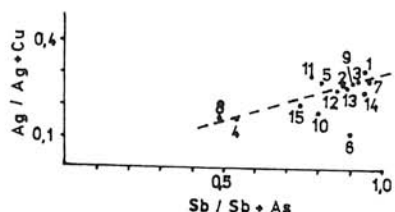
выше, чем тетраэдритовой. По содержанию серебра среди рассматриваемых минералов можно выделить две группы: с относительно низкими (6,19—12,29 мас. %) и относительно высокими (15,02—19,27 мас. %) концентрациями этого элемента. В то же время какой-либо четкой зависимости между сурьмянистостью ($Sb / Sb + As$) и железнистостью ($Fe / Fe + Zn$) (рис. 12а), серебристостью ($Ag / Ag + Cu$) и железнистостью (рис. 12б) в изученных блеклых рудах выявить не удается. Намечается, однако, слабая положительная корреляция между серебристостью и сурьмянистостью этих минералов (рис. 12в), что, вероятно, является отражением общей тенденции преимущественного



А



Б



В

Рис. 12. Изменения соотношений сурьмянистости и железнистости (а), серебристости и железнистости (б), серебристости и сурьмянистости (в) в блеклых рудах жилы Терезия. Цифрами обозначены номера анализов в табл. 1.

Т а б л и ц а 1
Химический состав минералов ряда тетраэдрит-фрейбергит

№ ан.	№ обр.	Cu	Ag	Fe	Zn	Sb	As	S	Сумма
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Te-I-II-(75)	24,55 6,85	18,18 2,99	3,66 1,16	3,22 0,87	26,65 3,82	0,81 0,19	23,62 13,06	100,69
2	Te-I-I-(I)	26,48 7,37	16,19 2,66	1,63 0,52	5,15 1,39	24,84 3,61	1,98 0,47	25,53 12,98	99,80
3	Te-I-I-(3)	26,10 7,28	16,10 2,64	0,25 0,08	7,05 1,91	25,67 3,74	1,21 0,29	23,64 13,06	100,02
4	Te-I-I-(7)	32,91 8,54	10,05 1,54	1,23 0,36	6,05 1,53	13,61 1,84	9,83 2,16	25,33 13,03	99,01
5	Te-I-I-(8)	26,25 7,25	16,87 2,74	0,36 0,11	7,05 1,89	22,53 3,24	3,26 0,76	23,81 13,01	100,13
6	Te-I-I-(2)	33,01 9,10	6,19 1,00	0,20 0,06	7,25 1,94	27,15 3,90	1,75 0,41	22,99 12,56	98,54
7	Te-I-I-(3)	26,56 7,36	16,99 2,77	0,64 0,20	7,32 1,97	26,61 3,85	0,65 0,15	23,07 12,67	101,84
8	Te-I-II-(IA)	33,11 8,53	9,72 1,47	1,34 0,39	7,64 1,91	15,18 2,04	9,81 2,14	24,51 12,51	101,31
9	Te-I-II-(4)	27,59 7,62	16,93 2,75	0,78 0,25	7,06 1,89	25,15 3,62	1,54 0,36	22,82 12,49	101,87
10	Te-I-II-(6)	31,56 8,56	11,10 1,77	2,33 0,72	4,65 1,23	22,79 3,23	3,46 0,80	23,62 12,70	99,51
11	Te-I-II-(2A)	28,00 7,60	19,27 3,08	5,95 1,84	0,54 0,14	19,78 2,80	3,39 0,78	23,69 12,74	100,62
12	Te-IX-6-(34)	28,04 7,80	15,19 2,49	2,48 0,79	3,43 0,93	24,09 3,50	2,50 0,59	23,39 12,90	99,12
13	Te-IX-6-(35)	26,94 7,46	15,28 2,49	2,33 0,73	4,84 1,30	24,81 3,58	1,93 0,45	23,68 12,98	99,81
14	Te-IX-6-(40)	29,31 8,19	15,02 2,47	4,10 1,30	0,00 0,00	25,61 3,73	1,07 0,25	23,60 13,06	98,71
15	Te-hbo-II-2(12)	29,89 8,05	12,29 1,95	0,35 0,11	7,19 1,88	20,82 2,93	4,41 1,01	24,52 13,07	99,47

Примечание: Анализы 1—5, 12—15 выполнены на микрозонде „Самебах“, остальные — на микрозонде MS-46 „Самеса“. Для каждого анализа (здесь и в последующих таблицах): верхняя строка — содержания элементов в мас. %, нижняя — формульные коэффициенты при $\Sigma_{\text{ат}} = 29$.

накопления серебра в обогащенных сурьмой разностях блеклых руд (Мозгова — Цепин, 1983).

Изученные минералы тетраэдрит-фрейбергитового ряда находятся в сростаниях с полибазитом и пираргиритом (табл. 1, анализы № 2, 3, 6, 8, 12—15), либо в виде микроскопически мелких включений в полибазите (табл. 1, анализы № 4, 5, 6) или же образуют обособленные выделения среди галенита, сфалерита и халькопирита (табл. 1, анализы № 1, 7, 9, 11). Именно, в последних отмечены наиболее высокие содержания серебра (18,18—19,27 мас. %) и значительные вариации сурьмистости (19,27—26,65 мас. % сурьмы). Минимальными же содержаниями серебра (6,19 мас. %) среди исследованных блеклых руд характеризуются минералы, образующие мельчайшие ксеноморфные включения в полибазите. Однако следует отметить, что большие колебания в содержаниях серебра даже в пределах одного зерна Ag-тетраэдрита могут быть обусловлены и зональным строением минерала, как это хорошо заметно на изображении сканирования зерна Ag-тетраэдрита, сростающегося с полибазитом (рис. 4б) в поглощенных электронах. Природа таких мелких выделений блеклой руды не совсем ясна: одни из них могут рассматриваться как реликты блеклой руды в полибазите, другие, приуроченные к границам полибазита и пираргирита — как реакционные образования, третьи, тяготеющие к трещинам в полибазите — как более поздние по отношению к полибазиту минералы. Однако их состав, особенно по содержаниям серебра, существенно отличается от такового большей части выделений блеклой руды, нарастающей на полибазит (рис. 3), т.е. заведомо более поздней по отношению к этому минералу.

Химический состав поздних выделений блеклой руды (табл. 1, анализы № 2, 3, 5, 7, 9, 12—15) также подвержен заметным вариациям. Так, блеклые руды верхних горизонтов жилы Терезия характеризуются по сравнению с блеклыми рудами глубоких горизонтов более высокими содержаниями серебра (от 16,10 до 16,99, среднее — 16,61 мас. % на верхних и от 12,29 до 15,28, среднее — 14,44 мас. % на нижних горизонтах), цинка (соответственно 5,15—7,32, среднее — 6,73 и 0,00—7,19, среднее — 3,78 мас. %) и сурьмы (22,53—26,61, среднее — 24,96 и 20,82—26,62, среднее — 23,83 мас. %). В свою очередь, содержания железа (0,36—1,63, среднее — 0,73 и 0,35—4,10, среднее — 2,31 мас. %) и мышьяка (0,65—3,26, среднее — 1,73 и 1,07—4,41, среднее — 2,48 мас. %) в блеклых рудах верхних горизонтов ниже, чем на глубоких.

Рассмотренные данные свидетельствуют о проявлении в вертикальном разрезе жилы Терезия скрытой зональности, выражающейся в закономерном изменении химизма блеклой руды. Отмеченные вариации химического состава являются, вероятно, отражением закономерных изменений основных физико-химических параметров минералоотложения.

В отраженном свете минерал серовато-белый, при сравнении с галенитом заметен слабый оливково-желто-коричневатый оттенок. Результаты измерения коэффициента отражения Ag-тетраэдрита из 2 глубинного горизонта (ан. 15, табл. 1) приведены в табл. 2. Кривая отражения исследованного зерна (рис. 13б) согласуется с литературными данными (Вяльсов, 1973; Шумская, 1985).

Таблица 2

Значения коэффициентов отражения исследованных минералов в диапазоне 400—760 нм

электрум		акантит		Ag-тетра- эдрит	полибазит	пираргирит- прусит
nm	R	R'g	R'p	R	R*	R*
400	32,5	30,9	29,1	32,1	32,3	33,3
420	37,8	30,7	28,8	31,5	31,8	32,6
440	49,1	31,1	29,2	30,9	31,4	31,8
460	59,5	31,8	29,9	30,7	31,3	31,4
480	66,6	32,3	30,6	30,3	30,7	30,2
500	71,0	32,4	30,9	30,5	30,2	29,5
520	74,1	31,7	30,7	30,4	29,6	28,5
540	76,2	30,8	30,0	30,5	29,1	27,1
560	78,1	29,9	29,1	30,5	28,9	26,3
580	79,3	29,2	28,7	30,6	28,7	25,9
600	80,6	28,8	28,3	30,6	28,5	25,4
620	81,1	28,5	27,9	30,0	28,1	24,8
640	82,1	28,1	27,7	29,2	27,9	24,4
660	83,1	27,9	27,6	28,6	27,8	23,9
680	84,4	27,8	27,5	27,8	27,8	23,7
700	85,2	27,8	27,5	27,3	27,5	23,3
720	86,8	27,7	27,7	27,1	27,3	23,2
740	88,0	27,7	27,7	26,8	26,9	23,3
760	88,6	27,9	27,9	26,4	26,7	23,4

Полибазит и пирсеит. Химический состав полибазита — одного из самых распространенных минералов серебра в жиле Терезия, а также редко встречающегося пирсеита, приведен в табл. 3. Вариации состава этих минералов особенно наглядно видны на диаграммах, показанных на рис. 14. Анализ полученных данных свидетельствует, что изученные полибазит и пирсеит относятся преимущественно к высокоме-дистым разновидностям. При этом, содержания меди и серебра в минералах комплементарны (рис. 14а), что свидетельствует об изоморфизме указанных элементов. Также обратной зависимостью связаны содержания в этих минералах сурьмы и мышьяка (рис. 14б). Характерно, что в пирсеите сурьма вообще не установлена, в то время как среди полибазитов встречаются как безмышьяковистые разновидности (табл. 3, анализы № 1, 3, 8), так и содержащие значительные количества мышьяка, вплоть до 32 % пирсеитовой молекулы (табл. 3, анализ № 14). Интересно, что и пирсеит и полибазит встречаются как на верхних, так и на глубоких горизонтах, и каких-либо систематических различий в их составе в зависимости от положения в вертикальном разрезе пока не установлено.

На основе оптических наблюдений под микроскопом оба минерала нельзя четко отделить. Это отмечалось еще П. Рамдором (1962). В отраженном свете полибазит и пирсеит серовато-белые. В сростаниях

с галенитом у этих минералов заметен слабо выраженный зеленоватый оттенок. Эффекты анизотропии в большинстве рассмотренных зерен довольно сильные, от желтовато-зеленого до буровато-темно-фиолетового. Для зерен с наиболее сильным цветным эффектом анизотропии удастся наблюдать и двуотражение. В некоторых зернах полибазита особо выявляются темно-вишнево-красные внутренние рефлексy. Следует отметить, что полибазит подвержен сильному светотравлению (см. рис. 3). В табл. 2 приведены результаты измерения коэффициента отражения полибазита из 2 глубинного горизонта. Его спектр отражения показан на рис. 13в. Полученные нами данные близки к литературным данным (Безмертная и др., 1973; Шумская, 1985; Picot — Johan, 1977).

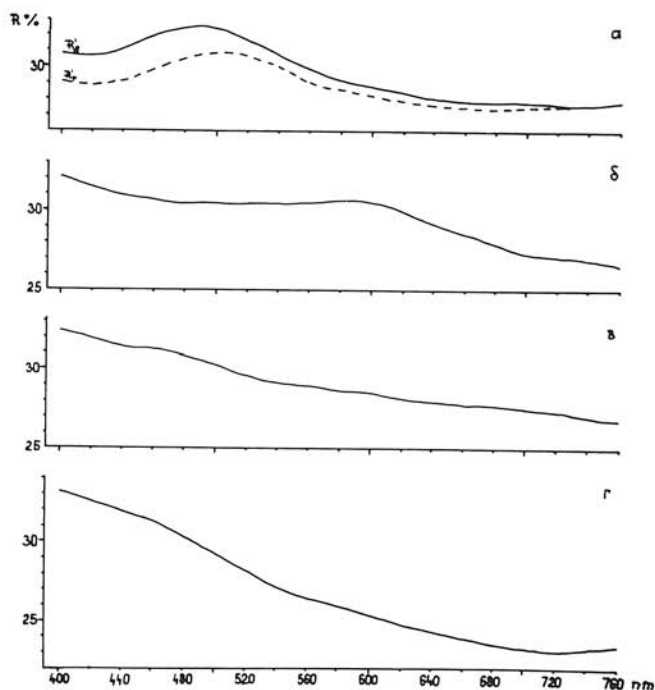


Рис. 13. Спектральные кривые отражения акантита (а); Ag-тетраэдрита (ан. 15) (б), полибазита (ан. 14) (в), пираргирит-пруститa (ан. 3) (г).

Параметры элементарных ячеек, рассчитанные по основным отражениям дебаеграмм полибазитов (табл. 4) очень близки параметрам эталонного полибазита (Berrу — Thompson, 1962).

Примечание: Анализы 1, 6, 7 — выполнены на микрозонде MS-46 „Cameca“, остальные на микрозонде „Camebax“. Для каждого анализа: верхняя строка — содержание элементов в мас. $\%$, нижняя — формульные коэффициенты при $\Sigma_{\text{ат}} = 29$.

Таблица 3

Химический состав полибазита и пирсента

№ ан.	№ обр.	Ag	Cu	Sb	As	S	Сумма
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Тс-I-I-0	68,32 13,98	6,88 2,39	10,69 1,94	0,00 —	15,41 10,61	101,30
2	Тс-I-I-(2)	66,20 13,50	6,70 2,32	9,25 1,67	1,32 0,39	16,20 11,12	99,67
3	Тс-I-I-(4)	65,50 13,69	6,50 2,31	10,70 1,98	0,00 —	15,66 11,02	98,36
4	Тс-I-I-(9)	66,62 13,69	6,41 2,23	10,72 1,95	0,24 0,07	16,00 11,06	99,99
5	Тс-I-I-(10)	66,40 13,46	7,36 2,53	9,33 1,68	1,11 0,32	16,13 11,00	100,33
6	Тс-II-6-(2)	70,97 14,92	3,76 1,34	8,09 1,51	1,09 0,33	15,36 10,86	99,27
7	Тс-II-6-(1)	71,41 15,05	3,68 1,32	7,58 1,41	1,34 0,41	15,12 10,72	99,13
8	Тс-IX-6-(36)	66,44 13,72	6,05 2,12	11,21 2,05	0,00 —	16,00 11,11	99,70
9	Тс-IX-6-(41)	66,67 13,77	6,15 2,12	10,05 1,84	0,58 0,17	15,91 11,06	99,36
10	Тс-IX-6-(42)	66,36 13,53	7,34 2,54	10,31 1,86	0,60 0,18	15,88 10,89	100,49
11	Тс-IX-6-(43)	65,91 13,70	6,76 2,39	10,26 1,89	0,26 0,08	15,65 10,94	98,84
12	Тс-IX-6-(45)	66,64 13,93	5,69 2,02	10,00 1,85	0,49 0,15	15,72 11,05	98,54
13	Тс-IX-6-(46)	65,03 13,19	8,39 2,89	9,83 1,76	0,72 0,21	16,05 10,95	100,02
14	Тс-hbo-II-2(13)	67,0 13,68	6,39 2,22	7,76 1,40	2,26 0,66	16,07 11,04	99,48
15	Тс-I-II-(76)	66,38 13,01	8,88 2,96	0,00 —	7,15 2,02	16,70 11,01	99,11
16	Тс-IX-6-(37)	68,20 13,28	7,99 2,64	0,00 —	7,45 2,09	16,77 10,99	100,41

Таблица 4
Рентгенограммы полибазита и акантита

Полибазит				Акантит							
Te-I-I(0)		Te-I-I		Te-II-6		Berry-Thompson (1962)		Te-S-I		Berry-Thom (1962)	
N ₀	I	d _α	I	d _α	I	d _α	I	d _α	I	d _α	hkl
1	—	—	1	6,4	—	—	—	—	1	7,88	—
2	—	—	1	3,55	1/2	3,61	1	3,62	1	3,57	1
3	1/2	3,47	1	3,43	1	3,47	1/2	3,48	2ш	3,39	1/2
4	1/2	3,27	1	3,25	1	3,28	1/2	3,28	3ш	3,07	3
5	8	3,13	9	3,13	10	3,16	9	3,19	1	2,95	—
6	1	3,02	—	—	—	—	—	—	5	2,86	4
7	10	2,97	10	3,03	8	3,00	10	3,00	3	2,70	2
8	5	2,86	10	2,83	6ш	2,87	8	2,88	10	2,62	10
9	2	2,77	1/2	2,75	—	—	1/2	2,77	8	2,46	8
10	6	2,66	1/2	2,63	5	2,68	5	2,70	4	2,39	5
11	1	2,57	—	—	—	—	—	—	4	2,24	3
12	6	2,51	4	2,50	7	2,53	6	2,53	4	2,10	4
									</		

Продолжение Табл. 4

14	14	3	2,41	2ш	2,43	3ш	2,42	4	2,42	4262	1	1,985	1/2	2,00	311; 230; 212
15	15	2	2,33	2	2,31	2ш	2,33	2	2,34	2248	—	—	1	1,961	214; 422
16	16	2	2,19	3	2,18	6	2,21	2	2,21	4048	1	1,923	1	1,910	032; 410
17	17	—	—	—	—	2ш	2,16	1/2	2,15	2,1.3.10; 4370; 6062	1	1,875	1	1,870	414; 113
18	18	—	—	1/2	2,12	—	—	2	2,11	4372; 3258; 4266	1	1,737	3	1,719	333; 004; 420; 511
19	19	1'2ш	2,04	1/2	2,07	—	—	1	2,07	5272; 4158	—	—	—	—	—
20	20	1'2ш	2,01	2	1,998	2ш	2,02	3	2,02	5166; 4374; 2,2.4.10	—	—	—	—	—
21	21	—	—	—	—	3	1,992	1/2	1,997	5274; 6171	—	—	—	—	—
22	22	—	—	—	—	1ш	1,934	1	1,933	4,0.4.10; 3368; 1,1.2.12	—	—	—	—	—
23	23	1	1,881	4ш	1,862	6	1,886	6	1,892	4376; 6174; 4480	—	—	—	—	—
24	24	3	1,859	—	—	—	—	1/2	1,859	5276	—	—	—	—	—
25	25	—	—	—	—	1/2	1,815	1	1,791	6282; 5384; 6176	—	—	—	—	—
26	26	—	—	2ш	1,687	2	1,717	3	1,707	4486; 0,0.0.14 4,0.4.12	—	—	—	—	—
27	27	—	—	—	—	2	1,513	4	1,517	5,1.6.12; 8192	—	—	—	—	—
28	28	—	—	1/2	1,490	—	—	1	1,488	8086; 4,0.4.14	—	—	—	—	—
29	29	—	—	1/2	1,466	—	—	1/2	1,463	0,0.0.16	—	—	—	—	—

№	Образец	c	a
1	Te-I-I(0)	$15,10 \pm 0,06$	$24,3 \pm 0,7$
2	Te-II-6(2)	$15,10 \pm 0,10$	$24,1 \pm 0,9$
3	Te-I-I	$15,10 \pm 0,10$	$23,6 \pm 0,6$
	Berry — Thompson (1962)	15,11	23,89

Изменение величины параметра «с» в образцах связано с колебанием содержаний как металлов (серебро, медь), так и полуметаллов (сурьма, мышьяк) в минерале (см. табл. 3).

П и р а р г и р и т. Анализ четырех зерен минерала (табл. 5), установленных в образцах из верхних и глубоких горизонтов жилы Терезия, показывает, что по составу они принадлежат пираргиритовой части пираргирит-пруститового ряда. Содержания пруститовой молекулы могут достигать 27—50 %. Количество проанализированных зерен недостаточно для того, чтобы акцентировать внимание на повышенной мышьяковистости пираргирита с верхнего горизонта.

Т а б л и ц а 5

Химический состав минералов пираргирит-пруститового ряда

№ ан.	№ обр.	Ag	Cu	Sb	As	S	Сумма
1	Te-IX-6-(38)	59,55 2,96	0,47 0,04	20,07 0,88	1,51 0,11	17,92 3,01	99,52
2	Te-IX-6-(39)	59,24 2,96	0,23 0,02	21,03 0,93	0,94 0,07	18,02 3,02	99,46
3	Te-I-I-(5)	60,74 2,95	0,43 0,03	11,79 0,51	7,36 0,51	18,38 3,00	98,70
4	Te-I-I-(6)	60,34 2,97	0,37 0,03	16,54 0,72	3,78 0,27	18,11 3,01	99,14

Примечание: Все анализы выполнены на микрозонде „Camebax“.

Под микроскопом цвет минерала светло-серый с заметным голубоватым оттенком, в скрещенных николях заметны интенсивные красные внутренние рефлексy. В зернах, срastaющихcя с полибазитом отмечается оранжеватый оттенок внутренних рефлексов. В табл. 2 приведены результаты измерения коэффициента отражения. Спектральная кривая отражения минерала снята для сечения близкого к изотропному. Поэтому эффект двукратного отражения практически не улавливается. Измеренные коэф-

фициенты отражения минерала сопоставимы с результатами измерений других авторов (В я л ь с о в, 1973; Ш у м с к а я, 1985).

А к а н т и т. Данные рентгеноспектрального микроанализа одного зерна акантита из глубоких горизонтов (Те-IX-6): 86,63 мас. $\%$ Ag, 12,34 мас. $\%$ S, Σ 98,97 мас. $\%$ рассчитываются по соотношению основных компонентов на формулу $Ag_{2.03}S_{0.97}$.

При наблюдении под микроскопом зерна акантита матово-сери-белые с заметным зеленоватым оттенком. Спектры отражения $R'g$ и $R'r$ сняты для сечения с наиболее заметной анизотропией при скрещенных николях. Величины $R'g$ и $R'r$ приведены в табл. 2, спектральные кривые отражения показаны на рис. 13а.

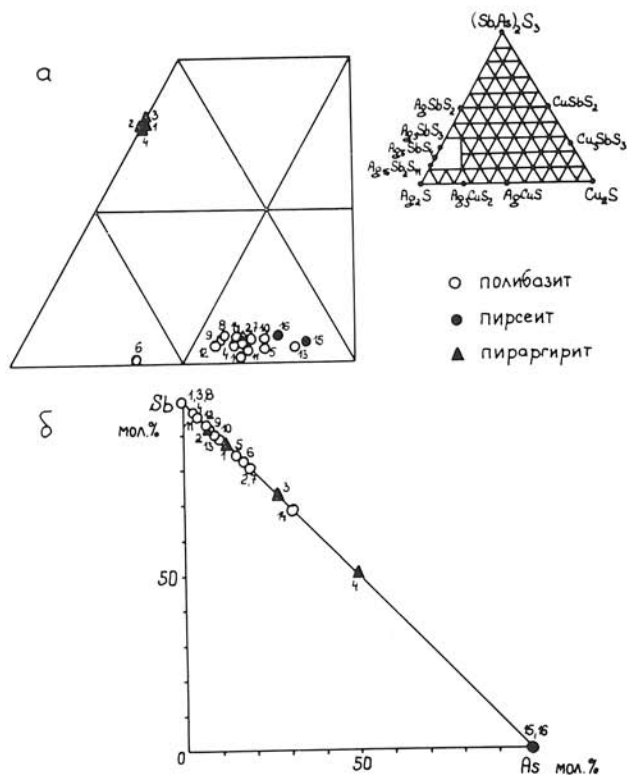


Рис. 14. Положение составов полибазита, пирсеита и пираргирита на диаграммах $Ag_2S-Cu_2S-(Sb, As)_2S_3$ (а) и $Sb-As$ (б). Цифрами обозначены номера анализов в табл. 3 и 4 соответственно.

В образце из верхней части жилы акантит был подтвержден также с помощью рентгеновского анализа (табл. 4).

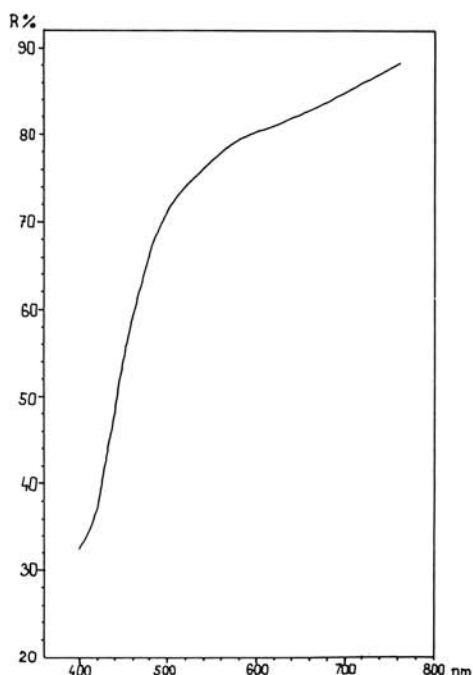
Э л е к т р у м. Рентгеноспектральные микроанализы двух зерен электрума из верхних горизонтов жилы приведены в табл. 6. Результаты анализа одного из них свидетельствуют о его неоднородности (ан. 1—4), хотя

Таблица 6

№	Образец	Au	Ag	Сумма
1	Te-I-I	59,31	40,85	100,16
2	Te-I-I	51,31	49,12	100,43
3	Te-I-I	49,68	51,08	100,76
4	Te-I-I	43,75	56,25	100,00
5	Te-S-I	58,50	40,75	99,25

Примечание: анализы 1—3 выполнены на микрозонде „Cameca“ MS-46; 4—5 на микрозонде „Camebax“.

оптически зональное строение зерна не было выявлено. Зональное распределение золота и серебра в электруме из Банской Штьявницы отмечалось и раньше (D a d á k, 1983).



Сравнение выше приведенных результатов с данными анализов на энергодисперсионной приставке EDAX (D a d á k, 1983, 1985) образцов с 2, 3 и 4 горизонтов жилы Терезия, показывает, что анализируемый нами электрум отличается большими содержаниями серебра (40,75—56,25 мас. % Ag), чем исследованный D a d á k o m (17,05—37,04 мас. % Ag).

В отраженном свете электрум светло-желтый. Обладает очень высоким отражением. Результаты измерения коэффициента отражения приведены в табл. 2, а спектральная кривая отражения показана на рис. 15.

Рис. 15. Спектральная кривая отражения электрума (ан. 5).

Некоторые данные о химизме главных рудных минералов

Целью наших предварительных исследований являлось определение элементов примесей, в первую очередь серебра, в галените, халькопирите и сфалерите во всем вертикальном диапазоне жилы Терезия. Практическое значение таких исследований определяется полученной информацией для объяснения распределения элементов-примесей в продуктах обогаще-

Таблица 7
Содержание элементов-примесей в главных рудных минералах жилы Терезия (в мас. %)

№	образец	Ag	Bi	Zn	Cu	Sb	Pb	Cd	Fe	Co	Ni	Mn
галенит												
1.	Te-I-2	а 0,05—0,07 б 0,046	0,160 не опр.	0,065 0,076	0,060 0,021	0,200 0,031		0,0030 0,0040	не опр. —	не обн. < 0,001	не обн. < 0,001	не опр. 0,0054
2.	Te-I-II	а 0,05—0,07 б 0,057	0,034 не опр.	0,050 0,093	0,070 0,0064	0,140 0,053		0,0020 0,0036	— —	не обн. < 0,001	не обн. < 0,001	не опр. 0,0029
3.	Te-II-3	а 0,05—0,07 б 0,021	0,006 не опр.	0,035 0,039	0,070 0,0013	0,060 0,020		0,0023 0,0030	— —	не обн. < 0,001	не обн. < 0,001	не опр. 0,0023
4.	Te-II-III-I	а 0,05—0,07 б 0,06—0,07	0,016 0,022	0,140 0,060	0,065 0,023	0,070 0,120		0,0038 0,0038	— —	— —	— —	— —
5.	Te-III-4	а 0,05—0,07 б 0,047	0,047 0,019	0,110 0,140	0,050 0,063	0,120 0,060		0,0030 0,0048	— —	— —	— —	— —
6.	Te-IX-3	а 0,05—0,07 б 0,10—0,14	0,090 0,100	0,150 0,035	0,050 0,046	0,060 0,028		0,0048 0,0053	— —	— —	— —	— —
7.	Te-hbo-II	а 0,05—0,07 б 0,10—0,14	0,090 0,100	0,150 0,035	0,050 0,046	0,060 0,028		0,0048 0,0053	— —	— —	— —	— —
8.	hbo-V-I	а 0,10—0,14 б 0,021	0,090 не опр.	0,150 0,039	0,050 0,0013	0,060 0,020		0,0048 0,0030	— —	— —	— —	— —
9.	hbo-V-2	а 0,10—0,14 б 0,021	0,090 не опр.	0,150 0,039	0,050 0,0013	0,060 0,020		0,0048 0,0030	— —	— —	— —	— —
халькопирит												
1.	Te-I-2	а 0,10—0,14 б 0,017	не обн. не опр.	0,52 0,18	0,052 0,055	0,16 0,011	0,16 0,08	не обн. —	не обн. —	не обн. < 0,001	не обн. < 0,001	не опр. 0,0018
2.	Te-I-II	а 0,10—0,14 б 0,017	не обн. не опр.	0,52 0,18	0,052 0,055	0,16 0,011	0,16 0,08	не обн. —	не обн. —	не обн. < 0,001	не обн. < 0,001	не опр. 0,0018
3.	Te-III-4	а 0,05—0,07 б 0,0022	не обн. не опр.	0,35 0,23	0,035 0,020	0,10 0,011	0,06 0,10	не обн. —	не обн. —	не обн. < 0,001	не обн. < 0,001	не опр. 0,0018
4.	Te-IX-3	а 0,05—0,07 б 0,0035	не обн. не опр.	0,35 0,23	0,035 0,020	0,10 0,011	0,06 0,10	не обн. —	не обн. —	не обн. < 0,001	не обн. < 0,001	не опр. 0,0018
5.	Te-hbo-II	а 0,0027 б 0,0035	не обн. не опр.	0,20 0,48	0,020 0,048	0,011 0,005	0,10 0,13	не обн. —	не обн. —	не обн. < 0,001	не обн. < 0,001	не опр. 0,0018
6.	hbo-V-I	а 0,0027 б 0,0035	не обн. не опр.	0,20 0,48	0,020 0,048	0,011 0,005	0,10 0,13	не обн. —	не обн. —	не обн. < 0,001	не обн. < 0,001	не опр. 0,0018
7.	hbo-V-2	а 0,0027 б 0,0035	не обн. не опр.	0,20 0,48	0,020 0,048	0,011 0,005	0,10 0,13	не обн. —	не обн. —	не обн. < 0,001	не обн. < 0,001	не опр. 0,0018
сфалерит												
1.	Te-I-2	а 0,0015 б 0,0045	0,050 0,018	0,120 0,270	0,120 0,270	0,140 0,020	0,200 0,470	0,3—0,4 0,3—0,4	3,7 2,4	0,0026 0,0042	не обн. —	не опр. —
2.	Te-I-II	а 0,0015 б 0,0045	0,018 0,009	0,270 0,052	0,270 0,052	0,020 0,008	0,470 0,096	0,3—0,4 0,3—0,4	2,4 2,3	0,0042 0,0017	— —	— —
3.	Te-II-3	а 0,0006 б 0,0004	0,009 0,008	0,052 0,017	0,052 0,017	0,008 0,008	0,096 0,076	0,3—0,4 0,3—0,4	2,3 2,0	0,0017 0,0048	— —	— —
4.	Te-II-III-I	а 0,0004 б 0,0004	0,008 0,007	0,017 0,054	0,017 0,054	0,008 0,006	0,076 0,079	0,3—0,4 0,3—0,4	2,0 2,2	0,0048 0,0035	— —	— —
5.	Te-III-4	а 0,0004 б 0,0004	0,008 0,007	0,017 0,054	0,017 0,054	0,008 0,006	0,076 0,079	0,3—0,4 0,3—0,4	2,0 2,2	0,0048 0,0035	— —	— —
6.	Te-VIII-2	а 0,0019 б 0,0027	0,008 0,010	0,300 0,520	0,300 0,520	0,003 0,014	0,200 0,180	0,20—0,26 0,20—0,26	3,8 4,0	0,0130 0,0130	— —	— —
7.	Te-IX-3	а 0,0019 б 0,0027	0,008 0,010	0,300 0,520	0,300 0,520	0,003 0,014	0,200 0,180	0,20—0,26 0,20—0,26	3,8 4,0	0,0130 0,0130	— —	— —
8.	Te-hbo-II	а 0,0027 б 0,0004	0,010 0,009	0,520 0,027	0,520 0,027	0,014 0,003	0,180 0,110	0,20—0,26 0,20—0,26	4,0 3,1	0,0130 0,0200	— —	— —
9.	hbo-V-I	а 0,0004 б 0,0004	0,009 0,006	0,027 0,060	0,027 0,060	0,003 0,005	0,110 0,090	0,20—0,26 0,20—0,26	4,0 3,1	0,0200 0,0220	— —	— —
10.	hbo-V-2	а 0,0004 б 0,0004	0,009 0,006	0,027 0,060	0,027 0,060	0,003 0,005	0,110 0,090	0,20—0,26 0,20—0,26	4,0 3,1	0,0200 0,0220	— —	— —

Примечание: а — результаты количественного спектрального анализа из микроаналитических, б — результаты атомно-абсорбционного анализа, не обн. — элемент не обнаружен, не опр. — элемент не определялся.

ния руд. Изучение элементов-примесей в рудных минералах месторождения проводилось и ранее (Koděra, 1979; Dadač, 1983 и др.). Для решения этой задачи нами был выбран метод количественного спектрального анализа из микронавесок (10 мг). Было проанализировано 26 навесок сульфидов: 9 галенита, 7 халькопирита, 10 сфалерита. Кроме этого было проанализировано три галенита и один халькопирит атомно-абсорбционным методом. Результаты анализа приведены в таблице 7.

Галенит. Типичными элементами-примесями являются серебро, сурьма, висмут. Содержания серебра варьируют в пределах 0,02—0,14 мас. $\%$. Эти содержания серебра в галените выше приводимых другими авторами (Koděra, 1979; Dadač, 1983), что вероятно связано с включениями в галените серебросодержащего тетраэдрита и полибазита. Это подтверждается также и содержаниями в галените меди и сурьмы. Форма нахождения в галените постоянной примеси висмута (от 0,006 до 0,16 мас. $\%$) пока не ясна. Нельзя исключить и изоморфное вхождение серебра в галенит, а также сурьмы либо висмута, как это было показано А. А. Годовиковым (1980). Следует отметить присутствие в галенитах кадмия, содержание которого колеблется от 0,0020 до 0,0053 мас. $\%$. Повышенные содержания его в определенной степени коррелируют с содержаниями цинка, но по расчетам, исходя из $\sim 0,4$ мас. $\%$ содержания кадмия в сфалерите и содержания цинка в галените, основная часть кадмия находится в галените в виде изоморфной примеси. Присутствие изоморфной примеси кадмия в галените от 0,0005 до 0,0050 мас. $\%$ доказано в месторождениях различных генетических типов (Генкин и др., 1980).

Халькопирит. Следует отметить значительные колебания содержания серебра в анализируемых халькопиритах (0,0022—0,14 мас. $\%$). Экстремальные значения содержания серебра (до 0,14 мас. $\%$) показали образцы из первого горизонта, где нами, как было показано выше, были обнаружены сульфосоли серебра, однако отсутствие в большинстве анализов сурьмы скорее свидетельствуют о присутствии включений других минералов серебра, возможно акантита. Не исключена также требующая проверки возможность изоморфного вхождения серебра в халькопирит, особенно на глубоких горизонтах. Наличие сравнительно высоких содержаний изоморфной примеси серебра в халькопирите (до 0,26 мас. $\%$) (из месторождения Изок Лейк доказано с помощью анализов на протонном анализаторе (Harris et al., 1984).

Сфалерит. Из элементов-примесей для сфалерита характерны постоянные содержания железа, кадмия и кобальта. Содержания железа и кадмия варьируют в незначительных пределах и согласуются с ранее приводимыми данными. Типичным элементом-примесью сфалеритов в Банской Штьявнице, как отметил ранее Кодера (1979), является кобальт. Его содержания колеблются в пределах 0,0017—0,022 мас. $\%$ (табл. 7). Содержания серебра в минерале (0,0004—0,0045 мас. $\%$) обусловлены, по-видимому, включениями галенита и серебросодержащих минералов.

Приведенные выше данные по содержаниям серебра в главных рудобразующих сульфидах и нахождение описанных выше собственных ми-

нералов серебра на различных горизонтах жилы Терезия свидетельствуют о преимущественной минеральной форме нахождения серебра.

Заключение

Рассмотренные в статье новые данные по условиям нахождения, особенностям химического состава и свойств минералов золота и серебра из жилы Терезия позволили охарактеризовать золото-серебряную минерализацию, являющуюся неотъемлемой частью полиметаллических руд Банской Штьявницы. Эти данные, основанные на точной диагностике минералов с помощью современных методов исследования рудного вещества показывают, что основные концентрации золота и серебра в рудах обязаны присутствию в них собственных минералов золота и серебра, образующих устойчивую ассоциацию электрума, акантита, полибазита, пирсеита, пираргирита и пираргирит-прустита с минералами тераэдрит-фрейбергитового ряда. Образование указанной ассоциации минералов — типоморфной для месторождений золото-серебро-полиметаллической формации, связывается нами с заключительными периодами рудоотложения, как это имеет место и на других проявлениях золото-серебряной минерализации вулканических областей (К о в а л е н к е р, 1986). Важное значение имеют также данные о закономерных вариациях химизма блеклых руд в вертикальном разрезе жилы Терезия. Мы полагаем, что продолжение изучения вариаций химизма блеклых руд в вертикальных сечениях других рудных жил позволит дополнить представления о характере вертикальной зональности Банской Штьявницы (К о д ё р а, 1963, 1965; К о д е р а, 1963) данными о скрытой минералого-геохимической зональности.

Мы считаем своим приятным долгом выразить глубокую признательность академику Б. Ц а м б е л у, доктору М. Г а б е р у, профессорам М. К о д е р е и М. Б е м е р у за интерес и содействие в проведении исследований, а также геологу И. Л и с ы за помощь в сборе геологических образцов.

ЛИТЕРАТУРА

- БЕЗСМЕРТНАЯ, М. С. — ЧВИЛЕВА, Т. Н. — АГРОСКИН, Л. С. и др., 1973: Определение рудных минералов в полированных шлифах по спектрам отражения и твердости. Недра, Москва, 224 с.
- БЕМЕР, М. — ШТОЛ, Я., 1967: Обзор металлогенических условий Средне-Словацкого неовулканического комплекса. В кн.: Некоторые проблемы геологии и металлогении Западных Карпат. GÜDS, Bratislava, с. 110—123.
- БЕМЕР, М. — ШТОЛ, Я., 1971: Закономерности размещения оруденения в неовулканиках Центральной Словакии. В кн.: Геология и геохимия рудных месторождений. Мир, Москва, с. 136—146.
- БРЛАЙ, А. — БУРИАН, Я. — ШТОЛ, Я., 1980: Вулканизм и металлогения Штьявницких гор (Словакия). В кн.: Материалы XI конгресса Карпато-Балканской геологической ассоциации. Магматизм и метаморфизм. Наукова думка, Киев, с. 47—52.
- ВЯЛЬСОВ, Л. Н., 1973: Спектры отражения рудных минералов. ИГЕМ АН СССР, Москва, 67 с.

- ГЕНКИН, А. Д. — БАСАЛАЕВА, И. В. -- ДОВРОВОЛЬСКАЯ, М. Г. и др., 1980: Распределение кадмия, марганца, селена и изотопов серы в сосуществующих галените и сфалерите из свинцово-цинковых месторождений. В кн.: Методы исследования рудообразующих сульфидов и их парагенезисов. Наука, Москва, с. 5—40.
- ГОДОВИКОВ, А. А., 1980: Халькогениды — особенности состава, структуры, изоморфизма. В кн.: Сульфосоли, платиновые минералы и рудная микроскопия. Наука, Москва, с. 15—22.
- КОВАЛЕНКЕР, В. А., 1986: Типоморфные минералы руд малоглубинных золото-серебряных месторождений верхнепалеозойской вулканической области Средней Азии. В кн.: Метасоматизм, минералогия и вопросы генезиса золотых и серебряных месторождений в вулканических толщах. Наука, Москва, с. 111—145.
- КОДЕРА, М., 1963: Полиметаллические месторождения субвулканического происхождения Банска Штьявница и Годруша. В кн.: Некоторые рудные месторождения Западных Карпат. ČSAV, Praha, с. 70—87.
- МОЗГОВА, Н. Н. — ЦЕПИН, А. И., 1984: Блеклые руды. Наука, Москва, 280 с.
- РАМДОР, П., 1962: Рудные минералы и их сростания. Москва, 1132 с.
- ШУМСКАЯ, Н. И., 1985: Определитель рудных минералов по спектральным кривым отражения. Недра, Ленинград, 231 с.
- BERNARD, J. H. et al., 1981: Mineralogie Československa. Academia, Praha, 648 с.
- BERRY, L. G. — THOMPSON, R. M., 1962: X — ray powder data for ore minerals. The Peacock atlas, New York, 281 с.
- BÖHMER, M., 1980: Ore deposits of West Carpathian Neogene volcanics and their relation to the evolution of volcanism. In: Proceedings Fifth IAGOD Symposium, vol. 1. Snowbird, Utah, USA. Stuttgart, с. 389—399.
- DADÁK, V., 1983: Mineralogie drahých kovů na ložisku Báňská Štiavnica. Manuscript. Ústav pro výzkum rud. Praha, 32 с.
- DADÁK, V., 1985: Mineralogie drahých kovů na ložisku Báňská Štiavnica. Manuscript. Ústav pro výzkum rud. Praha, 35 с.
- HARRIS, D. C. — CABRI, L. J. — NOBILING, R., 1984: Silver-bearing chalcopyrite, a principal source of silver in the Izok Lake massive-sulfide deposit: Conformation by electron- and proton-microprobe analyses. Canad. Mineralogist (Ottawa), 22, с. 493—498.
- HERČKO, I., 1984: Minerály Slovenska, Martin, 240 с.
- KODĚRA, M., 1956: Paragenéza a chemizmus Terézia žily v Banskej Štiavnici. Geol. Práce, Zoš. (Bratislava) 42, с. 5—264.
- KODĚRA, M., 1963: Gesetzmäßigkeiten der zonalen verteilung der mineralisation an der subvulkanischen polymetallischen Lagerstätte Banská Štiavnica. In: Symposium — Problems of Postmagmatic Ore Deposition, 1. Prague, с. 184—189.
- KODĚRA, M., 1965: Zur Frage der Tiefenfortsetzung der Gänge des Štiavnica — Erzreviers. In: Carpatho-Balkan Geological Association, VII Congress. Sofia, September. Reports, Part III, с. 319—322.
- KODĚRA, M., 1979: Stručná charakteristika mikrochemizmu sfaleritu, galenitu a chalkopyritu v Banskej Štiavnici. Sympóziom o petrogenéze a geochemii geologických procesov. VEDA, SAV (Bratislava), с. 95—102.
- KODĚRA, M. — MICHALENKO, J. — PÁSTOR, J., 1966: Nové poznatky o metasomatickom zrudnení a jeho perspektívach na polymetalickom ložisku Banská Štiavnica. Geol. Práce, Zpr. (Bratislava) 39, с. 5—27.
- KOURIMSKÝ, J., 1958: Nerosty II díl (Nerosty Slovenska). Praha.
- PICOT, P. — JOHAN, Z., 1977: Atlas des Mineraux Metalliques. Editions du B.R.G.M., Paris. 407 с.
- ŠTOHL, J., 1962: Štruktúrne pomery Banskoštiavnicko-hodrušského rudného obvodu. Geol. Práce, Zpr. (Bratislava) 24—25 с. 207—228.