



Оптические свойства воронцовита и ферроворонцовита: новые данные

Касаткин А.В.¹, Паутов Л.А.¹

¹Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, Москва, anatoly.kasatkin@gmail.com

Уточнены оптические свойства двух членов группы галхаита – воронцовита и ферроворонцовита. В отраженном свете оба минерала светло-серые с голубоватым оттенком, в скрещенных николях – изотропные с обильными внутренними рефlekсами темно-красного и темно-коричневого цвета. Приведены скорректированные спектры отражения, показывающие, что минералы обладают дисперсией отражательной способности нормального типа. Коэффициенты отражения для длин волн, рекомендованных Комиссией по рудной минералогии Международной минералогической ассоциации (R , %, воронцовит/ферроворонцовит): 24.9/26.2 (470 нм), 23.7/24.5 (546 нм), 22.8/23.9 (589 нм), 21.3/23.2 (650 нм). Оптические свойства воронцовита, ферроворонцовита и изоструктурного этим минералам галхаита весьма схожи.

Ключевые слова: воронцовит, ферроворонцовит, галхаит, оптические свойства, дисперсия отражательной способности, спектры отражения.

Введение

Воронцовит $(\text{Hg}_5\text{Cu})_{26}\text{TlAs}_4\text{S}_{12}$ и ферроворонцовит $(\text{Fe}_5\text{Cu})_{26}\text{TlAs}_4\text{S}_{12}$ – два изоструктурных минерала, открытых недавно на Воронцовском золоторудном месторождении, Свердловская обл., Северный Урал (Kasatkin et al., 2018). Первый из них является таллиевым, а второй таллиево-железистым аналогом галхаита $(\text{Hg}_5\text{Cu})_{26}\text{CsAs}_4\text{S}_{12}$ (Груздев и др., 1972; Biagioni et al., 2014), вместе с которым они составляют группу галхаита (Kasatkin et al., 2018).

Одним из авторов (Л.П.) было обращено внимание на несоответствие ряда оптических свойств воронцовита и ферроворонцовита, приведенных в оригинальном описании, оптическим характеристикам изоструктурного им галхаита. В частности, было указано на различие в дисперсии их отражательной способности: для двух таллиевых минералов заявлен аномальный тип дисперсии, при котором коэффициенты отражения возрастают одновременно с длиной волны света, в то время как галхаиту присуща дисперсия нормального типа, когда отражательная способность с увеличением длины волны света убывает. Было сделано предположение

о возможных ошибках, допущенных при измерении спектров отражения авторами первого описания воронцовита и ферроворонцовита, и принято решение о переизучении оптических свойств этих сульфосолей и регистрации новых спектров отражения. Результаты этого переизучения изложены в настоящем кратком сообщении.

Методы исследования

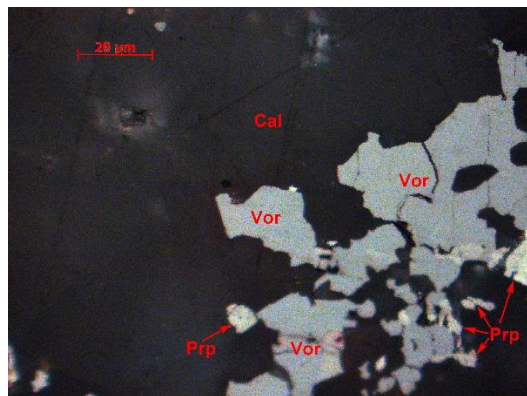
Исследование оптических свойств воронцовита и ферроворонцовита проводилось на поляризационных микроскопах МИН-8 с opak-иллюминатором ОИ-12 и Leitz Wetzlar Type 307–107.002. Наблюдения осуществлялись как в воздухе, так и в иммерсии с использованием кедрового масла (показатель преломления $n_d = 1.516$). Спектры отражения для обоих минералов получены на микроспектрофотометре UMSP-50 фирмы Opton по стандарту WTiC при спектральной ширине щели монохроматора 10 нм.

Результаты

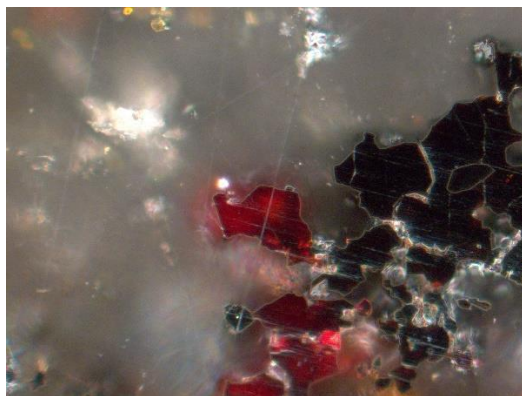
В отраженном свете воронцовит и ферроворон-

цовит имеют светло-серый цвет с голубоватым оттенком (рис. 1а,в). В некоторых зернах воронцовита уже при одном никеле заметны слабые красноватые рефлексы (рис. 1а). В скрещенных николях минералы изотропные с обильными внутренними рефlekсами, отчетливыми на воздухе и сильными в иммерсии. У воронцовита рефlekсы более густые, их окраска меняется от темно-красной до ярко-

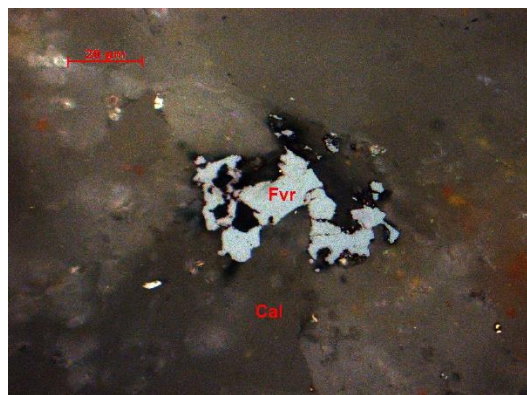
красной (рис. 1б), у ферроворонцовита – более редкие, темно-красного и темно-коричневого цвета (рис. 1г). По оптическим свойствам оба минерала схожи с галхаитом, для которого характерны светло-серый с голубовато-сиреневым оттенком цвет при одном никеле, изотропность и сильные внутренние рефlekсы оранжево-красного цвета (Груздев и др., 1972).



а)



б)



в)



г)

Рис. 1. Сложный сросток воронцовита (Vor) и параперротита (Prp) и зерно ферроворонцовита (Fvr) в кальците (Cal). Полированный шлиф, вид в отраженном свете (сухой объектив 100х/0.9); а, в - изображение при одном никеле; б, г - изображение в режиме темного поля. Хорошо видны густые ярко-красные рефlekсы у воронцовита и более редкие темно-коричневые рефlekсы у ферроворонцовита.

Вследствие чрезвычайно широкого изовалентного изоморфизма в смешанной тетраэдрической позиции по схеме $Hg^{2+} \leftrightarrow Fe^{2+}$ воронцовит и ферроворонцовит образуют на Воронцовском месторождении непрерывный ряд твердых растворов, простирающийся от одного конечного члена, чисто ртутистого воронцовита, до другого – чисто железистого ферроворонцовита (Kasatkin et al., 2018). Для регистрации спектров отражения нами были выбраны зерна, соответствующие по химическому составу конечным членам серии воронцовит-ферроворонцовит. Содержание Fe в зернах воронцовита и Hg в зернах ферроворонцовита ниже пределов обнаружения электронно-зондовым

методом. Полученные коэффициенты R (%) даны в табл. 1, а соответствующие спектры отражения приведены на рис. 2. Для сравнения указаны литературные данные по галхаиту из месторождений Гал-Хая (Груздев и др., 1972) и Хайдаркан (Груздев и др., 1972; Чвилева и др., 1988). Коэффициенты отражения из статьи (Груздев и др., 1972) приведены только в части совпадающего с воронцовитом и ферроворонцовитом спектрального диапазона. Аналогично галхаиту оба таллиевых минерала полируются хорошо, поэтому мы полагаем, что качество полировки не оказало существенного влияния на замеры спектров отражения.

Таблица 1. Коэффициенты отражения для минералов группы галхаита

λ (нм)	R (%)				
	Воронцовит	Ферроворонцовит	Галхаит ¹	Галхаит ²	Галхаит ³
420	279	29,1	28,5		
440	26,1	27,0	28,4		
460	25,0	26,5	28,0		
470	24,9	26,2	27,9		
472				26,1	27,8
480	24,8	25,8	27,7		
496				25,1	26,5
500	24,6	25,2	26,9		
520	24,2	24,9	25,9		
527				23,9	24,6
540	23,8	24,6	24,9		
546	23,7	24,5	24,5	23,2	23,8
560	23,5	24,3	23,9		
579				22,6	22,9
580	23,1	24,0	23,2		
589	23,0	23,9	23,0		
600	22,6	23,7	22,7		
608				21,8	21,9
620	22,1	23,5	22,5		
640	21,6	23,3	22,4	20,6	21,4
650	21,3	23,2	22,3		
660	21,0	23,1	22,2		
670				20,6	21,1
680	20,6	22,9	22,2		
691				20,5	20,8
700	20,3	22,9	22,2		

Примечание. Коэффициенты отражения для длин волн, рекомендованных Комиссией по рудной минералогии Международной минералогической ассоциации, выделены **жирным шрифтом**.

¹ Хайдаркан (Чвилева и др., 1988).

² Гал-Хая (Груздев и др., 1972).

³ Хайдаркан (Груздев и др., 1972).

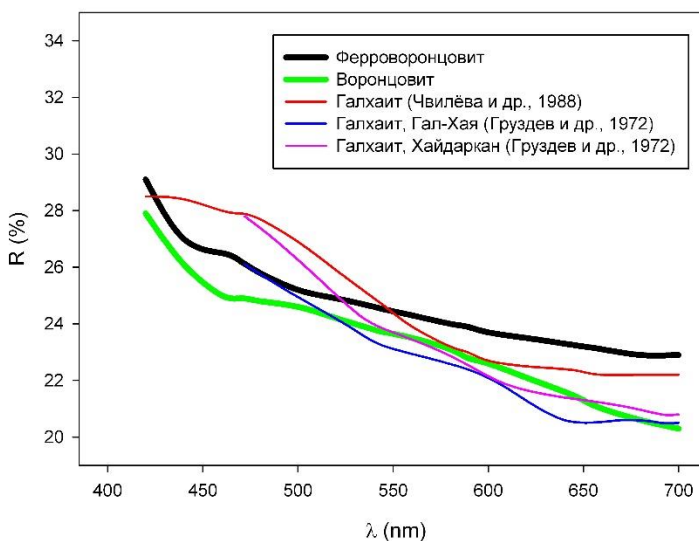


Рис. 2. Спектры отражения минералов группы галхаита.

Как видно, все три минерала группы галхаита обладают средней отражательной способностью и схожими профилями спектров отражения, свидетельствующими о нормальном типе дисперсии их отражательной способности. Последняя у ферроворонцовита, тем не менее, чуть выше, чем у воронцовита, что может быть объяснено особенностями химического состава этих минералов. В литературе ранее уже фиксировалась более высокая отражательная способность у железистых минералов по сравнению с изоструктурными им ртутистыми. Например, в паре станнин-великит в большей части спектрального диапазона коэффициенты отражения у первого более высокие, чем у второго: 24.1/26.0 (470 нм), 26.8/26.4 (546 нм), 27.0/25.7 (589 нм), 26.5/24.8 (650 нм) соответственно (Чвилева и др., 1988).

Выводы

Переизучение оптических свойств воронцовита и ферроворонцовита позволило скорректировать данные, содержащиеся в первом описании этих сульфосолей. Для обоих минералов, как и изоструктурного им галхаита, в отраженном свете характерна светло-серая окраска с голубоватым оттенком, изотропность, обильные внутренние рефлексы разных оттенков красного и коричневого цвета, средняя отражательная способность и нормальный тип дисперсии.

Благодарность

Авторы благодарят Н.В. Чуканова за ценные советы и обсуждение.

Список литературы

Груздев В.С., Степанов В.И., Шумкова Н.Г., Черницова М.М., Юдин Р.Н., Брызгалов И.А. Галхаит HgAsS_2 – новый минерал из мышьяково-сурьмяно-ртутных месторождений СССР // Доклады Академии Наук СССР. 1972. Т. 205. № 5. С. 1194–1197.

Чвилева Т.Н., Безмертная М.С., Спиридонов Э.М., Агроскин А.С., Папаян Г.В., Виноградова Р.А., Лебедева С.И., Завьялов Е.Н., Фильмонова А.А., Петров В.К., Раутиан Л.П., Севишикова О.Л. Справочник-определитель рудных минералов в отраженном свете. М. «Недра». 1988. 504 с.

Biagioni C., Bindi L., Zaccarini F. Crystal chemistry of mercury sulfosalts – galkhaite,

$(\text{Hg}_{5-x}\text{Cu}_{1-x})\text{Cs}_{1-x}\text{As}_4\text{S}_{12}$ ($x \neq 0$): crystal structure and revision of the chemical formula // *The Canadian Mineralogist*. 2014. Vol. 52. P. 873–882.

Kasatkina A.V., Nestola F., Agakhanov A.A., Škoda R., Karpenko V.Y., Tsyganko M.V., Plášil J. Vorontsovite, $(\text{Hg}_5\text{Cu})_{26}\text{TlAs}_4\text{S}_{12}$, and Ferrovorontsovite, $(\text{Fe}_5\text{Cu})_{26}\text{TlAs}_4\text{S}_{12}$: The Tl- and Tl-Fe-Analogues of Galkhaite from the Vorontsovskoe Gold Deposit, Northern Urals, Russia // *Minerals*. 2018. Vol. 8. Iss. 5. P. 185. DOI: 10.3390/min8050185.