

М. Г. ДОБРОВОЛЬСКАЯ, Т. Н. ШАДЛУН, А. С. ДУДЫКИНА,
Г. С. ЕСИКОВА, Л. Н. ВЯЛЬСОВ

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ ГАЛЕНИТА ОТДЕЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЯ

Изучение главных рудосбразующих минералов, к числу которых относится и галенит, в месторождениях галенит-сфалеритовой, молибденит-галенит-сфалеритовой и золото-галенит-сфалеритовой рудных формаций позволило выявить типоморфные особенности этого минерала для Восточно-Забайкальской провинции.

Большинство месторождений (Благодатское, Екатерино-Благодатское, Центральное, Михайловское, Северо-Акатуевское) относится к галенит-сфалеритовой рудной формации и залегает в карбонатных породах (Образцова, 1960; Шолкин, Ленюк, 1963; Кузнецов, 1963; Плигина, 1963; Кулагашев, Фаворов, 1966; Куземко, 1967).

Шахтаминское месторождение (молибденит-галенит-сфалеритовая рудная формация) приурочено к массиву гранитоидных пород (Сотников, 1960; Сидоренко, 1961), Дарасунское и Ново-Широкинское месторождения (золото-галенит-сфалеритовая рудная формация) расположены соответственно в приконтактовой зоне гранодиоритов с метаморфизованными габброидными породами и амфиболитами и в эффузивных породах (Грибанов и др., 1959; Тимсфеевский, 1963).

Рудные тела представляют собой жилы и трубообразные метасоматические залежи и характеризуются довольно однотипным минеральным составом: пирит, арсенопирит, сфалерит, галенит, сульфоантимониды свинца, халькопирит, блеклая руда, молибденит, самородное золото. Два последних минерала встречаются в различных количествах только в месторождениях соответствующих рудных формаций (молибденит — Шахтаминское, золото — Ново-Широкинское и Дарасунское). Жильные минералы — кварц, доломит, анкерит, кальцит, мангано-кальцит.

Во всех случаях галенит является распространенным минералом и образует значительные скопления в рудных телах. Распределение его неравномерное как в пределах рудных тел, так и месторождений в целом. Главная масса галенита приурочена к верхним частям рудных тел. Для него типичны крупнозернистые мономинеральные скопления, а также мелкозернистые агрегаты в сростаниях со сфалеритом. Для Благодатского и Екатерино-Благодатского месторождений характерна тесная ассоциация галенита с сульфоантимонидами свинца: буланжеритом, геокронитом, менегинитом, семсейитом и другими минералами. Поэтому в одних месторождениях (Северо-Акатуевское, Михайловское, Шахтаминское) галенит образовался в ту же стадию, что и сфалерит, в других (Благодатское, Екатерино-Благодатское, Центральное) основная масса галенита выделилась в одну стадию с сульфоантимонидами свинца (Добровольская, 1969).

Некоторые исследователи выделяют на одном месторождении две генерации галенита: раннюю, относящуюся к сфалеритовой стадии, и позднюю, представляющую самостоятельную карбонат-галенитовую стадию (Полякова, 1957). Нам не удалось доказать принадлежность изученных образцов галенита к разным парагенезисам или стадиям, поэтому все они рассматриваются как образовавшиеся после отложения сфалерита.

Состав галенита и распределение в нем элементов-примесей

Изучение состава галенита проводилось в основном количественным спектральным методом, специально разработанным для сульфидных минералов А. С. Дудыкиной.

В спектральном анализе использовался способ просыпки проб в дуговой разряд активизированной дуги переменного тока ($J = 18 \pm 1a$). Спектр фотографировался на кварцевом спектрографе ИСП-28 со стандартной осветительной системой через 10-ступенчатый платиновый ослабитель на пластинки «спектральные» тип II, чувствительность 16. Концентрации элементов-примесей в галените определялись методом твердого градуировочного графика, построенного по эталонам, приготовленным на основе стерильного галенита. Все градуировочные графики в области высоких концентраций (0, n%) корректировались по образцам галенита, ранее проанализированным на примеси другими точными аналитическими методами. Применялась и текущая корректура графиков по внутрिलाбораторному эталонному образцу галенита. По воспроизводимости и чувствительности использованный метод анализа не уступает иным количественным аналитическим методам. Коэффициент вариации для большинства определяемых примесей в области низких концентраций не превышает 30%.

Чувствительность по ряду элементов достаточно высока. Например, для Ag, Cu, Bi, Ge, Tl, Mn, In $\leq 1-3 \cdot 10^{-4}\%$, для Te, Sb, Zn, Cd, Hg, As $= 1-3 \cdot 10^{-3}\%$. Использованный метод анализа галенита на примеси весьма эффективен, так как позволяет из навески 50 мг выполнить определение одновременно 13 элементов.

Для контроля отдельные элементы (Ag, Sb, Sn) были определены в значительном числе проб химическим методом. Оба метода показали хорошую сходимость, но, поскольку количественный спектральный метод позволяет полнее охарактеризовать состав минерала, то его результаты и легли в основу изучения распределения главных и второстепенных элементов-примесей в галените.

Типичными примесями для галенита из изученных месторождений являются серебро, сурьма, кадмий, медь (табл. 1). Для отдельных месторождений (Благодатское и Екатерино-Благодатское) характерны также олово и таллий, реже отмечается висмут (Шахтаминское, Северо-Акатуевское, Дарасунское месторождения), в единичных образцах присутствует теллур (Шахтаминское, Михайловское, Ново-Широкинское).

Для галенита выделяются группы элементов-примесей, равномерно распределенные, тесно связанные и постоянно коррелирующиеся друг с другом, и элементы, которые присутствуют в переменных количествах и непостоянно.

К наиболее стабильным, но количественно варьирующим элементам, относятся серебро, сурьма и кадмий. Это является одной из главных типоморфных особенностей исследованных образцов галенита всех месторождений. Весьма показательно, что кадмий присутствует в галените независимо от загрязнения его сфалеритом и содержания его (0,001—0,003%) удивительно постоянны. Одним из доказательств принадлежности кадмия к изоморфной примеси галенита служит наличие его в тех же количествах даже в пробах, в которых цинк отсутствует.

Результаты количественного спектрального анализа галенита из различных месторождений

№ образца *	Ag	Sb	Bi	Cu	Cd	Te	Tl	As	Sn ***
Б-211	0,15	0,50	—	0,007	0,0007	—	0,0033	0,03	0,035
Б-7	0,12	0,20	—	0,01	0,0015	—	0,005	1	0,01
Б-250	0,16	3	0,0004	0,004	0,00075	—	0,0074	0,81	0,04
Б-52	0,20	0,40	0,0002	0,007	0,0018	—	0,0007	0,07	0,068
Б-9	0,20	0,50	0,0002	0,0065	0,0025	—	0,0004	0,012	0,03
Б-205	0,27	0,60	—	0,008	0,001	—	0,0011	0,35	0,08
Б-233	0,30	4	—	0,01	0,0004	—	—	0,012	0,03
Б-114	0,30	0,23	0,00012	0,003	0,001	—	0,0005	0,015	0,04
Б-11	0,28	0,60	—	0,01	0,00013	—	0,006	0,09	0,03
Б-145	0,30	0,28	—	0,006	0,0005	—	0,0028	0,016	0,06
Б-238а	0,38	0,50	—	0,007	0,001	—	0,0004	0,07	0,035
Б-22	0,35	0,45	—	0,003	0,002	—	—	0,013	0,03
Б-120	0,36	0,22	—	0,008	0,0015	—	0,002	0,03	0,048
Б-284	0,35	0,25	—	0,007	0,0015	—	0,0004	0,01	0,05
Б-566	0,35	0,42	—	0,007	0,003	—	0,0006	0,02	0,03
Б-50	0,41	0,60	—	0,01	0,0009	—	0,0035	0,08	0,05
Б-286	0,35	0,28	—	0,005	0,0017	—	0,0005	0,02	0,06
Б-105	0,40	0,50	—	0,008	0,001	—	0,001	0,022	0,05
Б-252	0,36	0,52	0,001	0,007	0,0008	—	0,0023	0,025	0,046
Б-246	0,40	0,40	—	0,007	0,0008	—	0,0007	0,012	0,06
Б-119	0,50	0,36	—	0,008	0,0008	—	0,0025	0,02	0,05
Б-282	0,42	0,19	—	0,007	0,001	—	0,004	0,05	0,04
Б-112	0,30	0,27	—	0,007	0,0005	—	0,0015	0,01	0,05
Б-141	0,50	0,50	—	0,002	0,0025	—	0,001	0,003	0,035
Б-221	0,39	0,65	—	0,006	0,0025	—	0,0012	0,02	0,04
Б-232	0,40	0,47	—	0,008	0,0045	—	0,001	0,05	0,047
Б-256	0,45	0,55	—	0,01	0,0017	—	0,0008	0,03	0,043
Б-289	0,48	0,33	0,0001	0,0035	0,001	—	0,0004	0,01	0,043
Б-203	0,63	0,90	—	0,009	0,001	—	0,001	0,03	0,04
Б-143	0,65	0,63	—	0,01	0,003	—	0,0004	0,001	0,05
Б-225	0,45	0,42	—	0,0025	0,002	—	0,0017	0,01	0,04
Б-229	0,43	0,40	—	0,007	0,003	—	0,001	0,04	0,05
Б-121	0,50	0,45	—	0,006	0,0007	—	0,0033	0,01	0,05
Ц-38	0,55	0,53	0,0001	0,01	0,0015	—	0,0004	0,0035	0,05
М-120**	0,30	0,30	—	0,002	0,001	—	—	0,03	He onp
А-134	0,20	0,50	—	0,001	0,002	—	—	0,01	» »
А-141	0,05	0,20	0,001	0,005	0,003	—	—	0,015	» »
А-140	0,20	0,20	—	0,002	0,002	—	—	1	» »
А-142	0,10	0,20	0,0055	0,005	0,003	—	—	0,02	» »
А-150	0,10	0,15	0,009	0,0035	0,003	—	—	0,02	» »
А-193	0,20	0,20	0,005	0,008	0,003	—	—	0,01	» »
А-160	0,07	0,28	0,003	0,0002	0,002	—	0,001	—	0,07
А-199	0,10	0,10	0,001	0,005	0,003	—	—	0,01	He onp
НШ-1	0,05	0,09	—	0,00035	0,0008	0,003	0,0014	0,09	—
Ш-190	0,03	0,11	0,0006	0,01	0,0025	0,013	—	0,001	0,001
Ш-215	0,032	0,12	0,01	0,03	0,003	—	—	0,005	—
Ш-193	0,055	0,12	0,0015	0,02	0,003	0,01	—	0,004	0,001
Ш-171	0,055	0,12	0,024	0,05	0,0017	—	—	0,03	—
Ш-197	0,07	0,10	0,007	0,04	0,002	0,02	—	0,02	—
Ш-198	0,10	0,08	0,004	0,007	0,0025	0,01	—	0,001	—

Таблица 1 (окончание)

№ образца *	Ag	Sb	Bi	Cu	Cd	Te	Tl	As	Sn ***
Ш-163	0,10	0,10	0,0022	0,038	0,003	—	—	0,004	—
Ш-202	0,10	0,15	0,002	0,02	0,0025	—	0,0009	0,003	0,001
Ш-168	0,13	0,15	0,02	0,06	0,0017	—	—	0,02	—
Ш-201	0,13	0,18	0,0055	0,12	0,003	0,005	0,0008	0,0027	—
Ш-187	0,17	0,10	0,027	0,012	0,0028	—	—	0,007	0,001
Ш-151	0,20	0,16	0,006	0,04	0,003	—	0,0007	0,02	—
Ш-167	0,28	0,06	0,03	0,012	0,001	0,015	0,0005	0,0075	0,0004
Ш-164	0,38	0,12	0,045	0,03	0,0015	0,009	0,003	0,01	0,0003
Ш-156	0,32	0,07	0,20	0,03	0,002	0,01	0,0008	0,03	0,0003
Ш-200	0,35	0,13	0,08	0,015	0,001	0,015	—	0,005	—

Аналитик А. С. Дудыкина.

* Буквы перед номером образца — начальная буква названия месторождения.

** № с М-120 по А-199 (за исключением А-160) — данные полуколичественных анализов.

*** Данные (Sn) получены по градуировочному графику сфалеритов.

Содержания серебра и сурьмы и различные их соотношения представляют наибольший интерес. В галените Шахтаминского, Ново-Широкинского, Михайловского и Северо-Акатуевского месторождений различия в содержаниях этих двух элементов находятся в пределах десятых долей процента. Единичные резкие отклонения обусловлены редкими включениями сульфоантимонидов серебра, иногда блеклых руд (Шахтаминске). Значительные колебания в содержаниях обоих элементов наблюдаются в галените Благодатского и Екатерино-Благодатского месторождений. Безусловно, резко повышенные содержания сурьмы, реже серебра свидетельствуют о присутствии в галените включений сульфоантимонидов свинца и серебра, которые устанавливаются при микроскопическом изучении. Возможно также, что повышенные содержания серебра в галените связаны с загрязнением его серебросодержащими буланжеритом и геокснитом. Последнее обстоятельство может служить косвенным признаком принадлежности галенита и сульфоантимонидов свинца к одной стадии минералообразования.

Основное количество прсб галенита Благодатского и Екатерино-Благодатского месторождений показало положительную связь для пары серебро — сурьма, для которых получено уравнение регрессии: $y = 0,83 x + 0,08$, где $y = \text{Sb}$, $x = \text{Ag}$ (рис. 1). Сопоставление наших расчетных данных с данными, приведенными А. А. Годовиковым (1965), позволяет предполагать присутствие в галените соединения AgSbS_2 , образующего твердый раствор с PbS по аналогии с AgBiS_2 (Van Hook, 1960; Онтоев и др., 1960; Годовиков, 1966).

Характерно присутствие в галените меди (от 0,0035 до 0,12%), причем в большинстве образцов содержания ее не превышают тысячных долей процента. Как правило, в этих образцах включения халькопирита отсутствуют, поэтому вполне вероятна связь меди со стanniном. Значительно выше (до 0,12%) количества меди в галените Шахтаминского месторождения, что является важной типоморфной сссбенностью поздних ассоциаций. В отдельных образцах галенита этого месторождения кроме включений халькопирита присутствуют примеси бурнонита и блеклой руды, которые представляют позднюю парагенетическую ассоциацию вместо парагенезиса сульфоантимонидов свинца в Благодатском и Екатерино-Благодатском месторождениях. Поскольку во всех месторождениях галенит отлагался позже

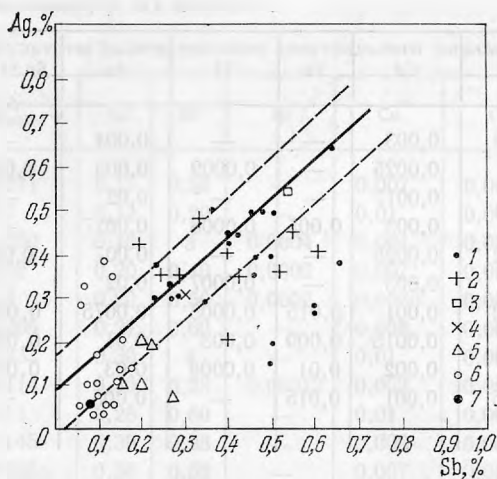


Рис. 1. Отношения серебра и сурьмы в галените месторождений Восточного Забайкалья

Прямая линия соответствует теоретическому составу AgSbS_2 , пунктирные — области среднеквадратичных отклонений от теоретического состава. Месторождения: 1 — Благодатское, 2 — Екатерино-Благодатское, 3 — Центральное, 4 — Михайловское, 5 — Северо-Акатуевское, 6 — Шахтаминское, 7 — Ново-Широкинское

сфалерита, местами с признаками замещения его, не исключено, что медь не только присутствовала в тех порциях раствора, из которых кристаллизовался галенит, но и выщелачивалась из сфалерита.

Примесь олова отмечается в галените всех месторождений. Содержание его постоянно и почти одинаково во всех пробах галенита Благодатского и Екатерино-Благодатского месторождений (сотые доли процента). В Шахтаминском галените оно содержится в отдельных образцах в тысячных и десятитысячных долях процента. Вероятно, олово в галените связано с включениями оловосодержащих минералов (касситерита, станнина, сфалерита), которые устанавливаются в виде включений в галените Благодатского и Екатерино-Благодатского месторождений. Некоторое количество олова может быть связано с сурьмой и серебром, которые остаются после расчета на миаргирит (AgSbS_2), образуя в одном случае сульфостаннаты, в другом — серебро- и оловосодержащие минералы типа канфильдита (Ag_8SnS_6). Присутствие олова в галените является типоморфной особенностью этих месторождений. Часть олова, как и медь, в отдельных месторождениях может быть привнесена поздними свинецсодержащими растворами, но не исключено, что олово унаследовалось из сфалерита при замещении его галенитом.

В галените из Благодатского и Екатерино-Благодатского месторождений отмечается таллий. По К. Ф. Кузнецову (Кузнецов, 1963; Кузнецов, Мейтув, 1967), таллий тесно связан со свинцом в растворах, несущих также мышьяк, сурьму и серебро. Однако он считает, что в галените нет прямой корреляции таллия с сурьмой и серебром, но есть связь с мышьяком, поэтому возможен изоморфизм по схеме $2\text{Pb}^{2+} - \text{Tl}^+ + \text{As}^{3+}$.

В. В. Иванов (1966) указывает, что вхождение таллия в галенит осуществляется по аналогичной схеме, но на место мышьяка он помещает Bi^{3+} , Sb^{3+} и т. д. По нашим данным присутствие таллия в галените, по видимому, в большей мере связано либо с висмутом (Шахтаминское месторождение), либо с включениями таллийсодержащих сульфостаннидов свинца (Благодатское и Екатерино-Благодатское месторождения).

Систематическое присутствие висмута в галените устанавливается только в Шахтаминском и Северо-Акатуевском месторождениях, но концентрации его нестабильны (сотые и тысячные доли процента). Более постоянные и относительно высокие содержания висмута характерны для галенита Дарасунского месторождения. В шахтаминском галените наблюдается корреляция висмута с теллуrom, что позволяет предполагать наличие включений теллуридов висмута.

Другие элементы-примеси (Fe, Mo, Zn) обусловлены загрязнением проб пиритом, молибденитом и частично сфалеритом.

Таким образом, изучение галенита из ряда месторождений Восточного Забайкалья позволило выявить некоторые типоморфные его особенности. Одной из отличительных черт, независимо от условий его образования, является постоянное присутствие серебра, сурьмы и кадмия. Для галенита из месторождений, тяготеющих к оловосодержащему краю ряда галенит-сфалеритовой рудной формации, типичны также таллий, олово и медь, а для галенита из месторождений, более близких к золото- и молибденсодержащим членам ряда, — висмут и теллур.

Повышенные содержания серебра и сурьмы (до 0,65%) отмечаются только в галените Благодатского и Екатерино-Благодатского месторождений, что возможно связано с особенностями поздних рудообразующих растворов.

Зависимость физических и оптических свойств галенита от его состава

Установление прямой корреляционной зависимости между серебром и сурьмой (рис. 1) позволяет проследить влияние различных содержаний этих элементов на некоторые свойства галенита. Влияние других элементов-примесей, по-видимому, можно исключить, так как содержания их в галените отдельных месторождений либо несущественны, либо постоянны.

Плотность галенита определена методом гидростатического взвешивания (аналитик Е. П. Погодина). Колебания полученных значений плотностей (7,20—7,84, табл. 2), на первый взгляд, не показали закон-

Т а б л и ц а 2

Результаты измерения плотности галенита Благодатского и Екатерино-Благодатского месторождений

№ образца	$d, \text{г/см}^3$	Ag, вес. %	Sb, вес. %	№ образца	$d, \text{г/см}^3$	Ag, вес. %	Sb, вес. %
232	7,20	0,40	0,47	256	7,50	0,45	0,55
229	7,30	0,43	0,40	143	7,50	0,65	0,63
288	7,31	0,40	0,35	286	7,56	0,35	0,28
112	7,38	0,30	0,27	284	7,56	0,35	0,25
119	7,40	0,50	0,36	289	7,60	0,48	0,33
566	7,42	0,35	0,42	121	7,61	0,50	0,45
282	7,42	0,42	0,19	105	7,77	0,40	0,50
50	7,43	0,41	0,60	281	7,80	0,41	0,19
203	7,47	0,63	0,90	120	7,84	0,36	0,22
246	7,50	0,40	0,40				

мерности, но путем сопоставления с корреляционными данными по содержанию Ag и Sb установлена некоторая зависимость измеренных плотностей от количества серебра и сурьмы в галените. Например, точки, располагающиеся на корреляционной прямой или вблизи нее (рис. 1), соответствуют образцам галенита с плотностью 7,3—7,6 г/см³. Точки, отклоняющиеся от прямой в ту или иную сторону, характеризуют галенит с резко повышенной (7,8 г/см³) или пониженной (7,2 г/см³) плотностью. В первом случае это может быть обусловлено присутствием в галените значительных количеств Ag, коррелирующихся с Bi, но не исключено и присутствие микровключений самородного серебра. Понижение значений плотности объясняется наличием механических примесей в виде субмикроскопических включений сульфидов свинца или серебра.

Отражательная способность. Полагая, что галенит является минералом с постоянным составом, многие исследователи используют его в качестве эталона при измерениях отражательной способности других минералов. Однако в ряде работ в последнее время было показано, что отражательная способность галенита меняется в зависимости от его состава и, в частности, содержания в нем примесей серебра и висмута (Мозгова, 1966).

Отражательная способность была изучена на ряде образцов галенита, довольно резко отличающихся по содержанию серебра и сурьмы. Измерялась отражательная способность на приборе ФМЭ-1 и на установке ПИОР с автоматической регистрацией (конструкции Л. Н. Вяльсова). Сопоставление полученных данных (табл. 3) показало, что изменение в галените содержания серебра и сурьмы соответственно от 0,1 до 0,65% (хотя запись спектров отражения позволяла зафиксировать изменение R в пределах $\pm 0,3\%$ абс. при $\lambda = 580 \text{ нм}$) практически не влияет на величину его отражательной способности. По-видимому, более существенное значение имеет качество полированной поверхности, которое зависит от ряда причин, в том числе структуры его зерен и строения минеральных агрегатов. Различные значения отражательной способности галенита, полученные на ФМЭ-1, скорее всего обусловлены этим.

Микротвердость галенита измерялась на микротвердомере ПМТ-3, тарированном по каменной соли (при $P 5 \text{ Г}$, $H 21,6 \text{ кг/мм}^2$) по методике С. И. Лебедевой (1963). Испытания проводились при одинаковых условиях: нагрузка 20 Г , время вдавливания 10 сек . Всего было сделано

Т а б л и ц а 3

Значения отражательной способности R галенита (в %)

Длина волны, нм	Синтетический							
	187/63	Б-9/64	Б-112/64	ЕК-Б246/63	Б-289/63	Б-141/64	Б-143/64	
440	48,0	45,9	48,0	49,2	47,8	47,6	47,0	49,6
460	47,3	45,3	47,3	48,4	46,8	46,2	46,6	47,2
480	46,2	44,7	45,7	46,6	45,6	45,0	45,5	45,3
500	45,3	44,0	44,7	45,7	44,4	44,1	44,8	44,0
520	44,2	43,0	43,7	44,9	43,5	43,5	43,7	43,3
540	43,3	42,2	42,8	44,0	42,7	42,6	42,8	42,8
560	42,5	41,6	42,3	43,3	42,1	42,1	42,3	42,4
580	42,0	41,2	41,8	42,7	41,6	41,5	41,8	42,0
600	41,7	41,0	41,6	42,6	41,4	41,2	41,7	41,7
620	41,4	40,8	41,7	42,6	41,4	41,2	41,7	41,6
640	41,2	40,8	41,8	42,7	41,5	41,3	41,8	41,5
660	41,3	41,0	42,1	42,9	41,6	41,5	42,1	41,4
680	41,2	41,1	42,1	42,8	41,4	41,6	42,3	41,4
700	40,9	40,9	42,0	42,7	41,1	41,6	42,2	41,4
720	40,4	40,6	41,5	42,4	40,6	41,2	41,5	41,3
740	39,5	40,0	41,0	42,0	40,2	40,6	41,0	41,2
Содержание Ag, %	0,17	0,20	0,33	0,40	0,48	0,50	0,65	—
Содержание Sb, %	0,10	0,50	0,39	0,40	0,44	0,50	0,63	—

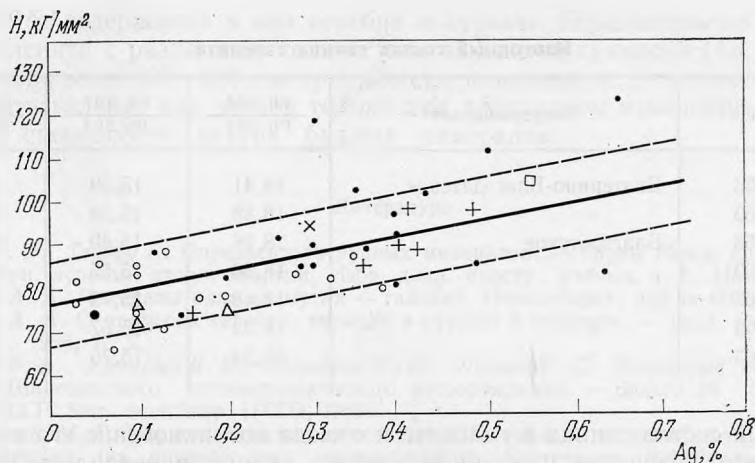


Рис. 2. Зависимость микротвердости галенита от содержаний серебра
 Прямая линия соответствует вычисленной микротвердости, пунктирные — области среднеквадратич-
 ных отклонений. Условные обозначения см. на рис. 1

более 300 замеров на 60 образцах галенита из различных месторождений Восточного Забайкалья. Из полученных данных было найдено уравнение регрессии $y = 37,31x + 76,64$, где $y = H \text{ κГ/мм}^2$, $x = \text{Ag}\%$, $\text{Sb}\%$, которое показало, что микротвердость галенита прямо пропорциональна содержанию серебра и сурьмы.

Как видно из графика (рис. 2), значения микротвердости H колеблются от 66 до 123 κГ/мм^2 , а ее средние значения при одних и тех же содержаниях серебра — в пределах 10—20 κГ/мм^2 . Последние могут быть связаны с ошибкой измерения, которая обычно не превышает 10 κГ/мм^2 , или с анизотропией твердости, обусловленной различной ориентировкой зерен. Некоторое отклонение значений микротвердости от вычисленных по уравнению в сторону завышения наблюдается для образцов галенита, взятых с глубоких горизонтов Благодатского месторождения. Возможно, что эти отклонения объясняются присутствием в галените тончайших включений миаргирита в виде продуктов распада твердого раствора (Добровольская и др., 1971). Микротвердость миаргирита, по Бови и Тейлору (1959), Янгу и Миллману (1964), при нагрузке 50 Г соответственно 104—123 κГ/мм^2 и 85—142 κГ/мм^2 , что несколько выше микротвердости галенита (63—91 κГ/мм^2) при той же нагрузке. Сильно заниженные значения микротвердости галенита при содержании Ag 0,65%, возможно, связаны с наблюдающимися пластическими деформациями зерен, а также с присутствием субмикроскопических включений сульфоантимонидов свинца. Характерно, что в этих же образцах отмечается избыток сурьмы по сравнению с серебром.

Таким образом, установленная ранее прямая зависимость микротвердости галенита от содержания в нем серебра (Синяков, Новожилов, 1964; Мозгова, 1966) подтвердилась и нашими данными.

Некоторые расхождения в абсолютных значениях микротвердости галенита, приводимых различными авторами, по-видимому, обусловлены рядом факторов: точностью измерения, влиянием деформаций и присутствием примесей механических и возникших в результате распада твердого раствора. Высокие значения микротвердости галенита из благодатских месторождений скорее всего связаны с распадом твердого раствора $\text{PbS} + \text{AgSbS}_2$.

И з о т о п н ы й с о с т а в. Изученные образцы галенита характеризуются сходными парагенетическими ассоциациями, но образовавшимися в разных геологических условиях. На этом основании допускались разные

Изотопный состав свинца галенита

№ образца	Месторождение	$\frac{\text{Pb } 206}{\text{Pb } 204}$	$\frac{\text{Pb } 207}{\text{Pb } 204}$	$\frac{\text{Pb } 208}{\text{Pb } 204}$
		Б-284/63	Екатерино-Благодатское	18,41
Б-252/63	»	18,48	15,34	38,42
Б-201/63	Благодатское	18,26	15,49	38,78
Б-208/63	»	18,56	15,55	38,74
Б-211/63	»	18,48	15,72	38,65
Б-203/63	»	18,33	15,57	38,58
Б-214/63	»	18,34	15,76	38,69

изотопный состав свинца в галените и отсюда возникновение его в различные стадии. Изучение изотопного состава свинца проводилось на масс-спектрометре МИ-1301 по методу А. Д. Есикова (Есиков и др., 1965). Полученные результаты для галенита различных рудных тел Благодатского и Екатерино-Благодатского месторождений (табл. 4) показали, что в пределах этих месторождений наблюдаются вариации в изотопном составе свинца, соизмеримые с ошибками опыта. Это позволило сделать вывод об отсутствии изотопного сдвига в пределах рудных тел и месторождений, что свидетельствует о значительном постоянстве общего магматического очага, послужившего источником свинца, а также об отложении галенита в этих рудах в одну стадию.

Полученные результаты совпадают с данными для галенита других месторождений Восточного Забайкалья (Северо-Акатуевское, Кадаинское, Шахтаминское, Ново-Широкинское и др.; Томсон и др., 1965). Это позволяет считать, что месторождения со сходным изотопным составом свинца в галените имеют общий магматический источник.

ВЫВОДЫ

1. Для галенита ряда месторождений Восточного Забайкалья, относящегося к различным рудным формациям, характерно присутствие серебра, сурьмы, висмута, кадмия, меди, олова, таллия и теллура.

2. Переменные количества, отсутствие или наличие того или иного элемента в галените определяют его типоморфные особенности в каждом конкретном месторождении. Галенит молибденовых и золотых месторождений характеризуется присутствием меди, висмута и теллура. Для галенита свинцово-цинковых месторождений (Благодатское и Екатерино-Благодатское месторождения) наряду с главными элементами-примесями, серебром и сурьмой типичны олово и таллий.

3. Содержания серебра и сурьмы связаны корреляционной зависимостью, что дает основание полагать существование твердого раствора $\text{PbS} + \text{AgSbS}_2$. Соотношения серебра и сурьмы, отвечающие AgSbS_2 , наиболее типичны для галенита благодатских месторождений, особенно отобранного с более глубоких горизонтов. Образование структур распада твердого раствора $\text{PbS} + \text{AgSbS}_2$ позволяет отнести этот галенит к более высокотемпературным образованиям, подвергшимся охлаждению в процессе формирования руд.

4. Изменение количественных характеристик физических и оптических свойств галенита в зависимости от их состава является следствием изоморфного вхождения серебра и сурьмы. На исследованном материале устанавливается прямая пропорциональная зависимость микротвердости

галенита от содержания в нем серебра и сурьмы. Отражательная способность галенита с различным количеством элементов-примесей (Ag, Sb, Bi) в диапазоне волн 400—800 нм практически не меняется. Это позволяет использовать галенит как эталон только при визуальном измерении отражательной способности других рудных минералов.

Литература

- Бови С. Х. У., Тейлор К. Определитель рудных минералов. — Труды Межд. конференции по мирн. использ. атомн. энергии. Избр. докл. иностр. ученых, т. 8., ИМГРЭ, 1959.
- Годовиков А. А. Минералы ряда висмутинов — галенит. Новосибирск, изд-во «Наука», 1965.
- Годовиков А. А. О примесях серебра, висмута и сурьмы в галените. — Геол. рудн. месторожд., 1966, № 2.
- Грибанов Б. В., Куницын В. В., Морозова Н. Н., Попова Т. С. Некоторые особенности Ново-Широкинского полиметаллического месторождения. — Бюлл. № 5, МГ и ОН СССР. Чит. геол. Упр. НТГО, 1959.
- Добровольская М. Г. Парагенетические минеральные ассоциации и стадийность минералообразования (на примере двух месторождений Восточного Забайкалья). — Изв. АН СССР, серия геол., 1969, № 8.
- Добровольская М. Г., Дудыкина А. С., Арапова Г. А., Ярская В. С. О неоднородности галенита, содержащего серебро и сурьму. — В сб. «Вопросы однородности и неоднородности минералов». Изд-во «Наука», 1971.
- Есиков А. Д., Томсон И. Н., Константинов Р. М., Полякова О. П. Изотопный состав рудного свинца из разнотипных месторождений Восточного Забайкалья. — Геохимия, 1965, № 5.
- Иванов В. В. Геохимия рассеянных элементов в гидротермальных месторождениях. Изд-во «Недра», 1966.
- Куземко В. Н. Геологическое обоснование поисков скрытого оруденения на Михайловском полиметаллическом месторождении (Восточное Забайкалье). — Изв. Высш. учебн. завед., геол. и разведка, 1967, № 2.
- Кузнецов К. Ф. Екатеринбургское свинцово-цинковое месторождение. — Труды ИГЕМ, 1963, вып. 83.
- Кузнецов К. Ф., Мейтис Г. М. Геохимия редких элементов в свинцово-цинковых месторождениях Восточного Забайкалья. Изд-во «Наука», 1967.
- Кулагашев А. И., Фаворов В. А. Закономерности локализации и строения рудных полей в Нерчинско-Заводском районе Восточного Забайкалья. — В сб. «Вопросы геол. Прибайкалья и Забайкалья», вып. 1 (3). Чита, 1966.
- Лебедева С. И. Определение микротвердости минералов. Изд-во АН СССР, 1963.
- Мозгова Н. Н. Об отражательной способности, микротвердости и термоэде галенита в связи с изоморфными примесями серебра и висмута. — Геол. рудн. месторожд., 1966, 8, № 3.
- Образцова З. А. О взаимоотношениях вольфрамовой и полиметаллической минерализации в Центральном месторождении (Восточное Забайкалье). — Сов. геология, 1960, № 3.
- Онтюев Д. О., Ниссенбаум П. Н., Органова Н. И. Природа высоких содержаний Bi и Ag в галенитах Букукинского месторождения и некоторые вопросы изоморфизма в системе PbS — Ag₂S — Bi₂S₃. — Геохимия, 1960, № 5.
- Плигина Д. Б. Геологическое строение Акатуевского рудного поля. — Труды ИГЕМ, 1963, вып. 83.
- Полякова О. П. О возрастных соотношениях даек лампрофиров и рудной минерализации на Кадаинском месторождении в Восточном Забайкалье. — Изв. АН СССР, серия геол., 1957, № 1.
- Сидоренко В. В. Геология и петрология Шахтаминского интрузивного комплекса. — Труды ИГЕМ, 1961, вып. 7.
- Синяков В. И., Новожилов В. И. Сравнительное изучение микротвердости галенитов из полиметаллических месторождений Алтая, Восточного Забайкалья, Приморья. — Геология и геофизика, 1964, 10.
- Сотников В. И. Некоторые особенности структуры Шахтаминского молибденового месторождения. — Труды ИГЕМ, 1961, вып. 41.
- Тимофеевский Д. А. Геолого-структурная и минералогическая характеристика Дарасунского рудного поля и его периферических частей. — Труды НИГРИЗ, 1957, вып. 24.
- Томсон И. Н., Полякова О. П., Константинов Р. М., Есиков А. Д. О внутреннем строении свинцово-цинкового пояса Восточного Забайкалья в свете свинцово-изотопных данных. — Геохимия, 1966, № 8.
- Шолкин К. Д., Ленюк Л. Н. Месторождения Горно-Зерентуйского рудного поля. — Труды ИГЕМ, 1963, вып. 83.
- Янг Б., Миллман А. Твердость по микровдавливанию и свойства деформации рудных минералов. — В сб. «Новое в зарубежных исследованиях по рудной микроскопии», № 2, 1968.
- Van Hock H. J. The Ternary system Ag₂S — Bi₂S₃ — PbS. — Econ. geol., 1960, 56.