SKELETAL GALENA SIMULTANEOUSLY GROWN WITH CHALCEDONY-MOGANITE SPHERULITES

Radostina Atanassova, Ivan K. Bonev

Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, 1113 Sofia

Key words: galena skeletons, chalcedony aggregates, moganite, Madjarovo

Skeletal galena included in radial chalcedony from the vein Pb-Zn Madjarovo deposit was studied by optical microscopy and SEM technique. The chalcedony aggregates have spherulitic microstructure with concentric zonation. Thin sections under polarized light reveal the positive elongation of the fibrous. SEM observations on the etched with KOH chalcedony surface show morphological peculiarities of the moganite-rich section. The X-ray study proved that the chalcedony aggregates are moganite- bearing.

The orientation of galena skeletal radial branches is controlled by chalcedony fibers following their radial orientation. The restriction influence of the crystal matrix to the anisotropic crystal growth of the mineral inclusions is shown on simultaneously growing crystal phases.

СКЕЛЕТЕН ГАЛЕНИТ, ЕДНОВРЕМЕННО ОБРАЗУВАН С ХАЛЦЕДОН-МОГАНИТОВИ СФЕРОЛИТИ

Радостина Атанасова, Иван К. Бонев

Жилното Pb-Zn находище Маджарово в Източните Родопи е известно със забележителните по разнообразието си халцедоново-кварцови и аметистови образувания (Радонова, 1960; Бресковска и др., 1976). Понякога халцедоновите агрегати съдържат включения от дендритовидно развити скелетни галенитови кристали. Изучаването им показа, че силно неравновесните анизометрични форми на галенита са формирани при съвместен растеж с халцедона, с което представляват значителен генетичен интерес.

Изследвани са образци от горните хоризонти на жила № 2 на находище Маджарово (образци от колекциите на Геологическия институт, БАН и от Минералогическия музей на СУ). Директното изучаване на кристалната морфология и кристалните повърхности на галенитовите скелети беше възможно след селективно разтваряне на халцедона. За разтворител се използваше концентрирана KOH при T 80°C, която не засяга галенитовите кристали.

Халцедон и моганит. Халцедоновите агрегати са широко развити в горните хоризонти на жила № 2, както и в други жили от находище Маджарово. На места те заедно с кристалния кварц обхващат почти цялата мощност на жилата, която достига до няколко m. Характерни за тази минерализация са паралелно ивичестите и коломорфни текстури, най-често ориентирани паралелно на залбандите на рудната зона. Халцедон-кварцовите агрегати, отложени след интензивни тектонски интеррудни движения често брекчират и късове от основната рудна галенит-сфалеритова парагенеза. Централната част на рудната зона нерядко остава незапълнена и откритите празнини са покрити с едрокристални кварцови и аметистови друзови агрегати.

В изследваните образци (фиг. 1) халцедон-кварцовите агрегати нарастват непосредствено върху повърхността на силно изменени вместващи хлоритизирани латитови скали. Различават се няколко зони, паралелни на тази повърхност: 1) външна зона от сив финослоист халцедон (~ 3-5 mm); 2) ивица от грубослоист бял финокристален кварц (~ 1 cm); 3) зона от финослоист халцедон със сивовиолетов цвят, включваща скелетните галенитови кристали (~ 1 cm); 4) зона от слоист бял кристален кварц, аналогичен на този в зона 2 (7-8 mm); в периферната й част са наблюдават отделни червени хематитови люспици (фиг. 1b); 5) вътрешна зона от кристален прозрачен безцветен и аметистов кварц (~ 2 cm), завършваща с неголяма (mm) централна празнина.

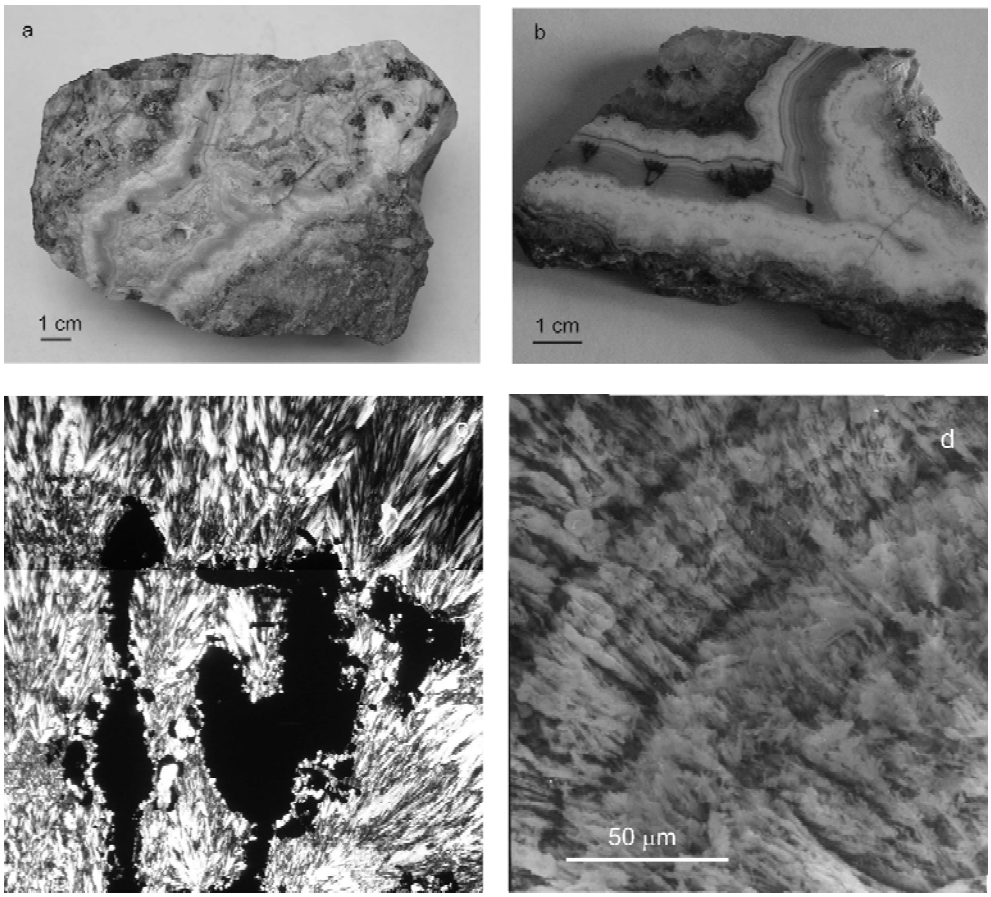
Халцедоновата зона е изградена от фини непрекъснати, паралелни на подложката, по-

тъмни и по-светли на цвят слоеве, с постоянна дебелина. Микроскопските наблюдения показват, че халцедоновите слоеве имат още по-фина зонална слоистост и са с влакнесто-радиален строеж, характерен за халцедона (Flörke et al., 1991). При кръстосани николи ясно се проследява, че са съставени от множество радиално ориентирани сферолитни снопчета, перпендикулярни на общата зоналност (фиг. 1c). Снопчетата са изградени от удължени неправилни влакна със сходни размери. Границата между две съседни снопчета представлява микроназъбена повърхност, където се срещат различно ориентираните влакна, ограничавайки взаимно растежа си. Халцедонът има характерното за него отрицателно оптично удължение по $[11\bar{2}0]$ във всички растежни зони.

По-ясна представа за морфологията на халцедона дават наблюденията със сканиращ електронен микроскоп (SEM) на частично разтворени повърхности (фиг. 1d). Отделните концентрични зони с ширина от порядъка на 100-200 μm имат еднообразен радиален строеж. Изграждащите ги дивергентни снопчета са съставени от удължени субпарални индивиди с неправилни дендритовидни очертания и дебелина не по-голяма от няколко μm.

При големи увеличения се наблюдават коси елховидни разклонения, рентгенографски идентифицирани като наскоро установената нова модификация на SiO_2 *моганит* (Heaney et al., 1994). Предложеният от Miehe et al. (1984) структурен модел представя тази полиморфна модификация като изградена от редуващи се леви и десни ламели от бразилски двойници в рамките на елементарната клетка. На получената прахова дифрактограма от изследваните образци се регистрират разцепени кварцови рефлекси и допълнителните рефлекси с d 4,44; 3,10; 2,88 Å, принадлежащи на модификацията моганит (Miehe, Graetsch, 1992).

Външната зона на агрегата е съставена от късопризматичен кварц с развитие на двата ромбоедра: *r* и *z*. Размерите на кристалите са от порядъка на 10-20 μm, но някъде и значително



Фиг. 1. Фотографии на халцедонови агрегати: a) галенитови разклонения, в растежни зони на халцедона; b) скелетни галенити в халцедонова зона, полирана повърхност; c) галенитови кристали и включващите ги радиални халцедонови агрегати, проходяща светлина xN; d) SEM изображение на частично кородирани халцедонови ивици

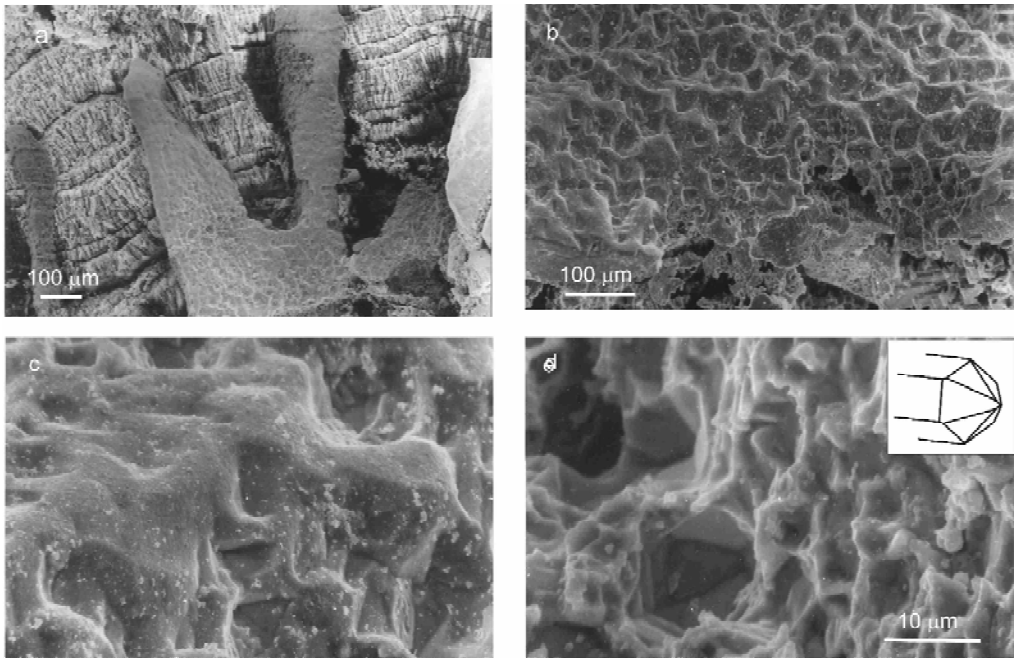
по-малки. Най-често са безцветни, но понякога имат червеникаво или аметистово оцветяване.

Галенит. Изследваният галенит има специфичен скелетен строеж и показва ясна връзка със структурата на включващите го халцедонови агрегати. Кристалите започват растежа си почти в основата на финослоистия по-тъмен халцедонов слой, разклоняват се в посока към горната му повърхност и завършват малко преди нея (фиг. 1b). Отделните групи са равномерно разположени на разстояние от няколко mm помежду си и имат дължина до около 7-8 mm. Всяка група всъщност представлява единичен монокристал с няколко радиално разходящи се конусовидни разклонения.

По-детайлно характеризиране на повърхността на галенитовите кристали стана възможно след селективно разтваряне на включващия ги халцедон и изследване със SEM (фиг. 2). Наблюдават се следните видове повърхности: 1. Финостъпаловиден плосък релеф, съставен от едностранно развити паралелни площадки с близки до квадратните очертания и свързващи ги наклонени заоблени повърхности (фиг. 2c). Площадките, с размери от 10-20 μm, представляват гладки кубични стени, които имат еднаква ориентация в целия разклонен кристал. 2. Силно наклонени спрямо (100) заоблени повърхности (фиг. 2c,d). В по-редките и плитки площадки, също със заоблени стени, са развити само по един или два прави ъгъла. 3. В някои участъци галенитът образува тънка плоска кора с неправилно развити отвори (фиг. 2). Галенитовата повърхност има неравен релеф, съставен от издаващи се и вдлъбнати форми с кристалографски очертания и размери от 5-10 μm. Негативните форми имат шестоъгълни дитригонални очертания. Морфоложкият анализ показва, че това са отрицателни кристали - отпечатъци от кварцови кристали, остенени от ромбоедрични стени на формите *r* и *z*. Кварцовите кристали (изцяло разтворени при химичното третиране) са с различна ориентировка, но в отделни участъци образуват групи от по няколко субпаралелни кристалчета.

Между отделните крайни случаи се наблюдават преходи в зависимост от положението на повърхността спрямо кристалната решетка.

Генезис. Както беше показано, галенитовите кристали, включени в халцедоновата маса имат особена скелетна морфология, силно различаваща се от тази на нормално развитите полиедрични галенитови кристали от основната сулфидна парагенеза в находището, които най-често имат кубичен хабитус. Няма съмнение, че тези силно неравновесни кристални форми са следствие от специфичните механизми и условия на кристален растеж.



Фиг. 2. SEM микрофотографии на галенитови повърхности: a) галенитови скелети след селективно разтваряне на включващия ги халцедон; b) финостъпаловиден плосък релеф, съставен от паралелни площадки; c) наклонени заоблени повърхности; d) негативни форми с дитригонални отпечатъци от кварцови кристали

Началните зародиши (с размери ~ 100-200 μm) са неравномерно разпръснати в една единствена зона близо до основата на халцедоновия слой. След това те образуват по две или три разклонения, които следват радиалната ориентировка на халцедоновите влакна. В една последваща концентрична зона на халцедона (след около 5 mm) става ново разделяне с образуване на 4-5 отделни нови разклонения, също развиващи се радиално и завършващи почти едновременно във външната зона, близо до края на халцедона. В следващите два тънки слоя от халцедоновата ивица, както и в най-външните кварцови зони галенит напълно липсва.

Ясната корелация в микроморфоложките особености на галенитовите кристали и на включващите ги халцедонови радиални агрегати свидетелства за *едновременния им растеж* и изключва други възможни механизми на формиране (например метасоматичен). Неголемите удебелявания и тънките участъци, наблюдавани в съседни галенитови разклонения са образувани напълно синхронно и са следвали определена растежна зона на халцедона (Фиг. 2а). Ясно е, че върхните части на галенитовите образувания са излизали на повърхността на агрегата и са разраствали едновременно с него. От своя страна халцедоновите слоеве също видимо са се влияли от положението на галенита, образувайки изпъкнали участъци над галенитовите групи. Някои от халцедоновите снопчета започват растежа си от неравната повърхност на галенита (Фиг. 1).

Най-интересната особеност на едновременния растеж на двете фази е, че и монокристалните галенитови кристали образуват радиално-разходящи се дендритовидни форми, следващи радиалното разрастване на халцедона.

Обобщавайки схващанията за образуване на халцедоновите агрегати повечето автори приемат, че това става от нискотемпературни водни разтвори при значителни пресищания в условия на затруднена дифузия и повишена роля на примесите (Годовиков и др., 1987; Rykart, 1989; Xu et al., 1998). Някои автори допускат значителна роля на колоиди и гели, което обаче не среща подкрепата на Sunagawa, Ohta (1976) и др.

Отлагането на кристален кварц изисква относително по-ниска концентрация на SiO_2 -фаза спрямо тази за отлагане на халцедон (Xu et al., 1998), докато аморфния SiO_2 и опалите изискват максимално пресищане. В изследваните образци опал не се установява и няма никакви определени данни за наличието на колоидни системи. Разтворите са достигали значително пресищане по отношение на SiO_2, което е било и доста променливо. Ето защо са се отлагали редуващи се ивици от халцедон и зърнест кварц. Най-вероятно, именно при отлагането на халцедоновите слоеве дифузионното съпротивление на преситените концентрирани Si-съдържащи разтвори е било високо и това способства за скелетното развитие на галенита. Бързият насочен растеж на галенитовите индивиди в посока към подхранващата среда води до разрастването на върховите им части, докато страничният растеж силно се ограничава от халцедоновия агрегат. Неголемите изменения в разтворите водят до някои изменения в количественото съотношение мажду двете кристални фази - халцедон и галенит.

Благодарности: Настоящото изследване е финансово подкрепено от Националния фонд «Научни изследвания» (проект НЗ 1307).

Литература

Бресковска, В., З. Илиев, Б. Маврудчиев, И. Вапцаров, И. Велинов, П. Ножаров. 1976. Маджаровское рудное поле. - *Геохим., минерал. и петрол., 5*, С., 57-78.

Годовиков, А. А., О. И. Рипинин, С. Г. Моторин. 1987. *Агаты*. М., Недра, 368 с.

Радонова, Т. 1960. Изследвания върху минералния състав и околорудните изменения на Маджаровското полиметално находище в Източните Родопи. - *Тр. върху геол. на Б-я, Сер. геох. и пол. изкоп., 1*, 115-197.

Flörke, O. W., H. Graetsch, B. Martin, K. Roller, R. Wirth. 1991. Nomenclature of micro- and non-crystalline silica minerals, based on structure and microstructure. - *N. Jahrb. Min. Abh., 163*, 19-42.

Heaney, P. J., D. R. Veblen, J. E. Post. 1994. Structural disparities between chalcedony and macrocrystalline quartz. - *Am. Mineral*., *79*, 452-460.

Miehe, G., H. Graetsch. 1992. Moganite, a new structure type for silica. – *Eur. J. Mineral*., *4,* 693-706.

Miehe, G., H. Graetsch, O. W. Florke. 1984. Crystal structure and growth fabric of lenght-fast chalcedony. – *Phys. Chem. Minerals, 10*, 197-199.

Rykart, R. 1989. *Quarz Monographie*. Ott Verlag Thun, 413p.

Sunagawa, I., E. Ohta. 1976. Mechanism of formation of chalcedony. - *The Science Rep. Tohoku Univ.*, *III, 23*, 2, 131-146.

Xu, H., P. Buseck, G. Luo. 1998. HRTEM investigation of microstructures in length-slow chalcedony. - *Am. Mineral., 83,* 542-545.