

СЪСТАВ, ТЕКСТУРНИ И МИКРОСТРУКТУРНИ ОСОБЕНОСТИ НА ЖИЛНИ АХАТИ ОТ РАЙОНА НА МАДЖАРОВО, ИЗТОЧНИ РОДОПИ

Бануш Банушев¹, Здравко Цинцов², Михаил Сивилев¹

¹Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София; banushev@mgu.bg

²Централна лаборатория по минералогия и кристалография "Акад. Иван Костов", БАН, 1113 София; ztsintsov@mail.bg

РЕЗЮМЕ. Изследвани са минералния състав, текстурните и микроструктурните особености на жилни ахати и вместиращите ги скали от района на Маджарово, Източни Родопи. Изследваните ахати притежават редица атрактивни качества и представляват интерес за ювелирната промишленост. Скалите изграждащи района на Маджарово се отнасят към задругата на втори среднокисел вулканизъм – предимно вулканити (латити, шошонити, рядко базалти) и пирокластичности. Ахатите са локализирани сред хидротермално променени вулканити (фенолатити). Изградени са от многократно и ритмично редуващите се ивици с дебелина 1-2 mm от SiO₂ фази (кварц, халцедон и кварцин), съпроводени от включения барит, сфалерит и галенит. Фазовите включения в ахатите са доказани с рентгеноструктурен анализ, като за сравнение е използвана PDF-картотеката на ICDD. Изяснен е обемът и смисълът на термина "ахат". Изяснени са генетичните особености на ахатите от района и е изказано предположение за връзката им с други проявления в Източните Родопи.

COMPOSITION, TEXTURE AND MICROSTRUCTURAL FEATURES OF VEIN AGATES FROM MADJAROVO REGION, EASTERN RHODOPE

Banush Banushev¹, Zdravko Tsintsov², Mihail Sivilov¹

¹University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; banushev@mgu.bg

²Central Laboratory of Mineralogy and Crystallography, "Acad. Ivan Kostov", Bulgarian Academy of Sciences, 1113 Sofia; ztsintsov@mail.bg

ABSTRACT. The mineral composition, texture and microstructure of vein agates and their host rocks from Madjarovo region, Eastern Rhodopes are investigated. The agates have numerous attractive features and are of interest for the jewellery industry. The rocks of the Madjarovo region refer to the formation of the II middle acid volcanism – mainly volcanics (latites, shoshonites, rarely basalts) and pyroclastites. The agates are localized among hydrothermally altered volcanics (phenolites). They are built of numerous and rhythmically alternating bands with thickness 1-2 mm of SiO₂ phases (quartz, chalcedony and quartzite), accompanied by inclusions barite, sphalerite and galena. The phases inclusions in the agates are proved by X-ray diffraction analysis as PDF-files of ICDD are used for comparison. The volume and sense of the term "agate" is clarified. The genetic features of the agates are clarified and speculation regarding their connection with other occurrences in the Eastern Rhodopes is suggested.

Въведение

Преобладаваща част от ахатовите проявления в най-източната част на Източнородопското палеогенско понижение се характеризират с обилна и повсеместна проява на аметистова минерализация. В района се намира полиметалното Маджаровско рудно поле с площ около 100 km², рудните тела на което представляват типични кварц-сулфидни жили (Бресковска, Гергелчев, 1988). Установени са над 140 жили, от тях около 30% са с промишлено орудяване и са свързани с разломните структури в рудното поле.

Изследванията в границите на Маджаровското рудно поле показват, че районът е забележителен с разнообразието от разновидности на SiO₂ и текстурни взаимоотношения между тях (Бресковска и др., 1976). По-късно, минераложки изследвания доказват, че халцедоновите агрегати в някои жили на рудното поле

съдържат включения от дендритовидно развити скелетни галенитови кристали, формирани при съвместен растеж с халцедона (Атанасова, Бонев, 2005). Същите автори при SEM-изследвания на частично разтворени повърхности на халцедона установяват коси елховидни разклонения, които рентгенографски идентифицират като могоанит.

Минералообразователните процеси в Маджаровското рудно поле са протекли многостадийно, като кварцовата минерализация е привързана към петия кварц-баритов стадий (Илиев, Бресковска, 1979). В пределите на рудното поле се разкриват значителни запаси от качествени разновидности на SiO₂, подходящи за ювелирната промишленост, включващи планински кристал, аметист, аметист-морион, различно оцветен халцедон (включително и дамсонит) и яспис, привързани към жили с дебелина до 30-40 cm. Често тези разновидности показват характерни текстурни взаимоотношения, формирайки ахатови

образувания с изключително атрактивни декоративни качества. През 80^{те} години на миналия век е направен опит за оценка на възможностите за комплексно усвояване на полезните изкопаеми в района, като е обърнато внимание на аметистовата минерализация и перспективите ѝ в ювелирната промишленост (Пожаревски, 1986). Ахатите са описани накратко с оглед използването им като суровина в това направление. Според Пожаревски (1987), от гемоложка гледна точка, жилната аметистова минерализация от Маджаровското рудно поле следва да се разглежда като разновидност "плътни жилни аметистови маси" на подгрупа "самостоятелно кварцови агрегати и кристали". Ахатите са отделени в самостоятелна подгрупа "предимно халцедонови агрегати – ахати".

Целта на предлаганата работа е изясняване на минералния състав, текстурните и микроструктурните особености на жилните ахатови образувания от района на Маджаровското рудно поле, както и смисъла на термина "ахат", въпрос особено актуален с маджаровските жилни образувания на SiO_2 . Изказано е предположение за генезиса на ахатите и потенциалната им връзка с обогатените на Fe йони хидротермални разтвори, участвали активно във формиране на геоложкия облик на района.

Материал и методи

Изследвани са състава, текстурните, микроструктурните особености и фазовите включения на ахатовите образувания от района на Маджаровското рудно поле, както и вместиращите скали, в които са локализирани. Инструменталните методи включват оптическа микроскопия в проходяща и отразена светлина, рентгеноструктурни анализи, сканираща електронна микроскопия и рентгеноспектрални микроанализи. С помощта на оптичката микроскопия (микроскопи Amplival и Leitz Orthoplan-Pol) са определени състава и микроструктурните особености на ахатите. Рентгеноструктурните изследвания са проведени на дифрактометър ДРОН-3М ($\text{CoK}\alpha$ лъчение, 40 kV, 28 mA) за изследване фазовите включения в ахатите, като за сравнение е използвана PDF-картотеката на ICDD. С помощта на сканираща електронна микроскопия са определени морфоложките особености на включенията (барит, сфалерит, галенит), а техният химизъм е изяснен с рентгеноспектрален микроанализ – апарат Philips SEM515, оборудван с енергийно-дисперсен рентгеноспектрален микроанализатор PV 9100. При описанието на жилните ахати от района на Маджарово е възприета номенклатурата и съкратените означения (Flörke et al., 1991). Тази номенклатура е въведена в България (Tsintsov et al., 2001) и се използва през последното десетилетие при специализираните изследвания на ахатите.

Геоложка обстановка

Изследваният район се отнася към Момчилград-Ардински вулкански район на Източнородопската вулканска област. Районът е изграден от метаморфити, палеогенски вулкани, пирокластични, вулканогенно-седиментни и седиментни скали. Метаморфитите са представени от биотитови, двуслюдени, амфибол-биотитови и амфиболови гнайси, гнайсошисти, шисти,

амфиболити, мрамори, калкошисти, кварцити, мусковитови аплитонидни лептинити, будинирани тела и лещи от метаморфозирани ултрабазити (Горанов и др., 1995).

Вулканитите са широко разпространени. Те изграждат щитовидна вулканска постройка – Маджаровски вулкан (Иванов, 1960), в която са внедрени интрузивни тела от монцонити и сиенити, възприети от Маврудчиев (1959) като апофизи от по-голям интрузив. В района на Маджаровския вулкан с най-широко разпространение е задругата на втори среднокисел вулканизъм, която се разполага върху материалите на първи кисел вулканизъм и брекчоконгломератната задруга, разкриваща се в южните части на областта. Вулканитите са представени от мощни лавови покрови и потоци от латити и шошонити съпроводени с пирокластични и вулканогенно-седиментни скали. В северните части на вулкана се разкрива единичен базалтов покров, а в източните и североизточни части се установяват кварцлатити, трахити и аналогични по състав пирокластични (Марчев и др., 1989). Установени са и голямо количество дайки с аналогичен на лавовите потоци състав, обособени в дайков тензионен комплекс (Горанов и др., 1995). В петрохимичен аспект вулканитите се характеризират с ниско съдържание на TiO_2 , преобладание на K_2O над Na_2O (съотношението $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ е между 1.17 и 1.84) и шошонитова сериалност (Марчев и др., 1989). Възрастта на магмените продукти е определена на 33.5-31 млн. г. (Lilov et al., 1987).

Резултати от изследванията

Вместиращи скали

Жилните ахати от района на Маджарово са локализирани сред интензивно хидротермално променени вулкани (фенолатити) и пирокластични отнасящи се към задругата на втори среднокисел вулканизъм. Скалите са тъмнозелени, с масивна текстура, порфирна, микролитова, на места трахитова структура. Фенокристалите (10-15%) са от плагиоклази и мафични минерали. Плагиоклазите са идиоморфни, частично до интензивно серицитизирани, често деанортозирани до албит. В по-интензивно хидротермално променените скали плагиоклазите са заместени от кварц и хлорит. Мафичните минерали са призматични, изцяло заместени от хлорит, кварц и серицит, периферно опацицитизирани. Акцесорните минерали са представени от безцветен до бледо-кафеникав апатит. Основната маса е изградена от голямо количество плагиоклазови микролити, често със субпаралелна ориентировка, обуславящи трахитова структура и ксеноморфен K-фелдшпат, който макар и рядко се наблюдава и като субпорфири с размери по дългата ос 0.1-0.12 mm. Пирокластитите са представени от кристалолитовитрокластични до кристаловитролитокластични туфи, изградени от витрокластични, интензивно променени в хлорит, смектити и кварц, литокластични от средни по състав вулкани и кристалокластични от плагиоклази и K-фелдшпати.

Ахатвместиращите скали най-често са интензивно хидротермално променени с напълно заличен първичен минерален състав и структурни особености. Неравномерно окварцени, с основна маса заместена от микрозърнест кварц, хлорит, малко глинести минерали и серицит. В

някои случаи вместващите скали са изградени от вторичен кварц, серицит и пирит и по същество са превърнати в кварц-серицитови метасоматити.

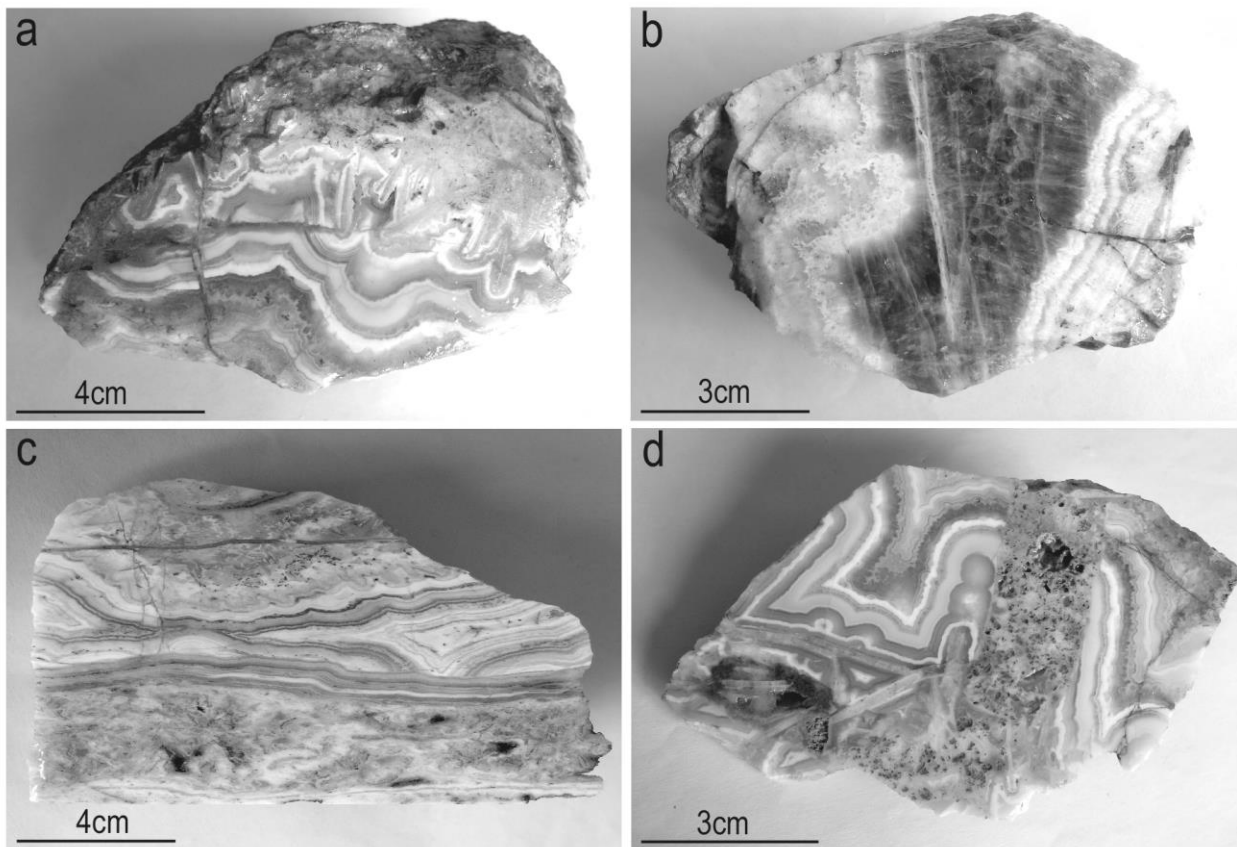
Аметистовата минерализация е най-атрактивно представена в част от жилите, разкрити в непосредствена близост до гр. Маджарово, където отделни жили или части от тях са изградени от плътни аметистови маси, често в комбинация с други разновидности на SiO_2 . В минераложки аспект тези образувания са изследвани от Пожаревски (1986), Костов (1992), Kostov, Hafner (1992) и други автори. Нашите данни показват, че в неголеми кухини са образувани аметистови монокристали, предимно с дългопризматичен хабитус, с размери до 30 cm и различна наситеност на оцветяването. В подобни празнини се срещат кварцови друзи, в които кристалите са изградени от различни цветови разновидности на кварца (аметист, морион, опушен кварц и др.). В основата кристалите са подредени ветриловидно така, че траекториите на дългите им оси се пресичат в хипотетичен център, разположен извън друзите. Самите кристали са покрити с дебели кори от Fe оксиди/хидроксиди.

Характеристика на жилните ахати

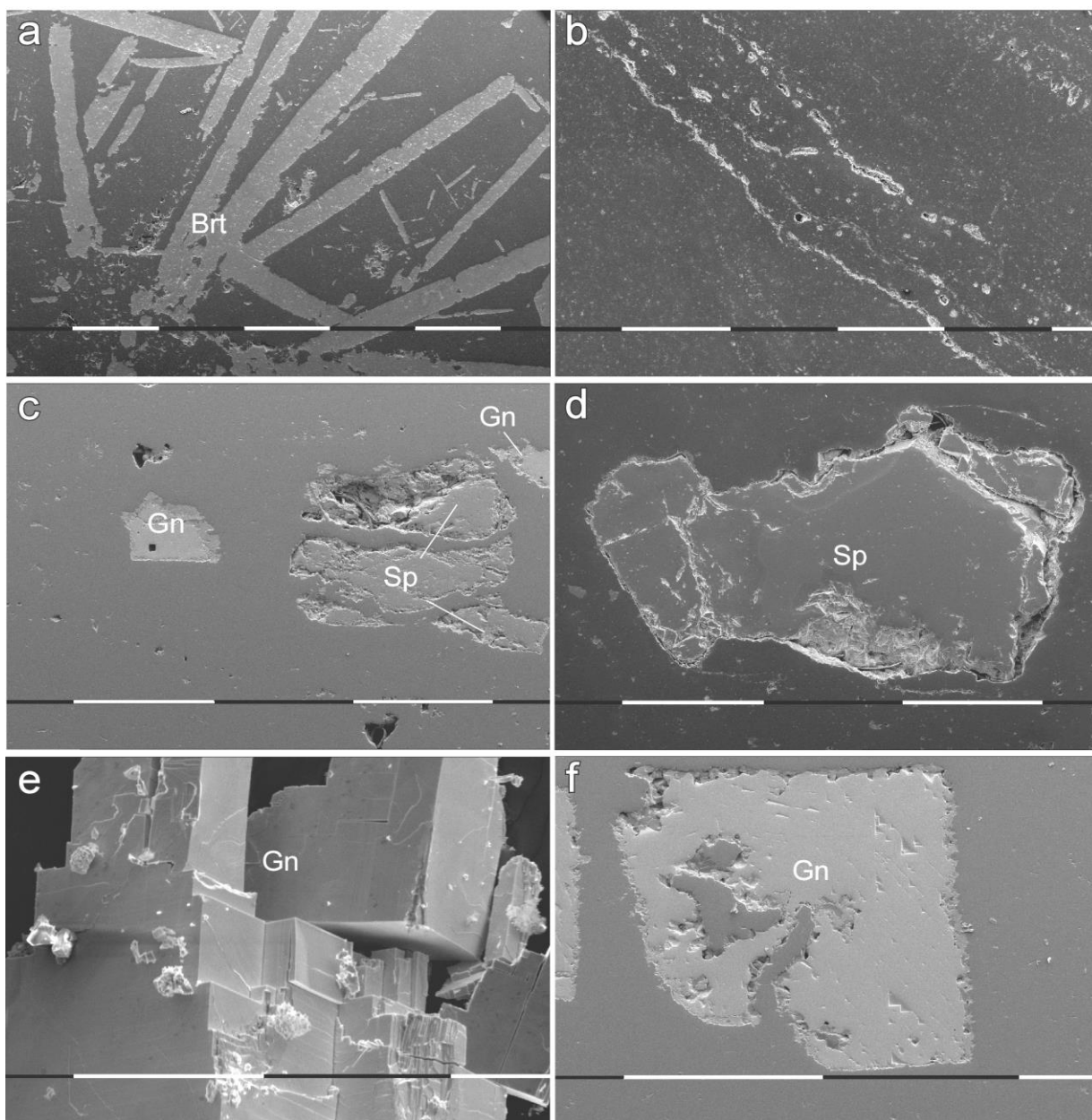
Виолетово оцветените разновидности на кварца са локализираны в жилни образувания, под формата на макро- и микрокристални разновидности, изграждайки атактивните “аметистови” ахати от Маджаровското рудно поле (фиг. 1a-d). Повечето жилни ахати, в срезове с дебелина до 1 cm са полупрозрачни, по-рядко прозрачни и рядко – непрозрачни. Линейните параметри на тези образувания силно варират, както в границите на всяко

едно от тях, така и между тях. Почти винаги, границата им с вместващите скали е маркирана от различни микроструктурни разновидности халцедон. Формата им е ъгловата и неправилна и най-често съвпада с тази на кухината, в която са отложени. Халцедоновите слоеве са виолетови, сиви, рядко червеникави или слабо розови. Дебелината им не надхвърля 1 cm и в повечето случаи те също следват морфологията на кухината, в която са отложени. Рядко между халцедона и вместващата скала има баритови прожилки и отделни кристали ($d[\text{\AA}] = 3.56; 3.43; 2.11$), които имат равна граница със скалата и копиевидни образувания към халцедона, което дава основание да се счита, че те са образувани по-рано от него (фиг. 1a, 2a).

Целенасочените рентгеноструктурни изследвания на халцедон не доказаха наличието на могоанитов компонент в него. Това по всяка вероятност се дължи на ниската му концентрация в пробите – под границата на чувствителността на използвания метод (2-3 wt.%). Червеникавото оцветяване на халцедона и формираните от него слоеве се дължи на различната концентрация и разпределение на дребни (под 5 μm) зърна от Fe оксиди/хидроксиди (фиг. 2b). Освен Fe оксиди/хидроксиди много често в халцедона се наблюдават включения от сфалерит и галенит. Сфалеритът е медножълт, прозрачен, еднороден с неправилни форми и неравни към матрицата краища (фиг. 2c,d). Полираните му повърхности често са нарушени от неголеми пукнатини и дребни каверни.



Фиг. 1. Текстурни особености на жилни ахати от района на Маджарово, Източни Родопи



Фиг. 2. СЕМ микрофотографии на фазови включения в халцедонова матрица на жилни ахати от района на Маджарово, Източни Родопи: а – копиевидни баритови кристали; б – Fe-оксиди/хидроксиди подредени закономерно в тънки слоеве, или незакономерно разпределени; с-ф сулфиди: (галенит – Gn) и сфалерит (Sp), кристалите от (е) са в каверна. Полирани повърхности – а-d, f. Естествени повърхности – е. Маркер: а, с, d, f – 100 μm ; б, е – 10 μm

Микросондовите изследвания показват, че съставът му е стехиометричен ZnS и включва само примес от Fe до 0.82 at%. Тези данни заедно с оптичните му характеристики дават основание да се предполага, че в случая се касае за неговата разновидност клейофан. Галенитът се среща като зърна с неправилна форма, а в кухини и като добре оформени кубични кристали, неравномерно удължени по различните оси (фиг. 2е). В полирани срезове, ясно личи, че част от периферията на някои зърна е обгърната от втора генерация галенит, който добре се отличава от първия както в отразена светлина, така и в режим на вторична електронна емисия (фиг. 2f). Резултатите от оптичните изследвания са потвърдени с рентгено-структурен анализ ($d[\text{\AA}] = 3.42; 2.96; 2.09$) и рентгено-спектрален микроанализ.

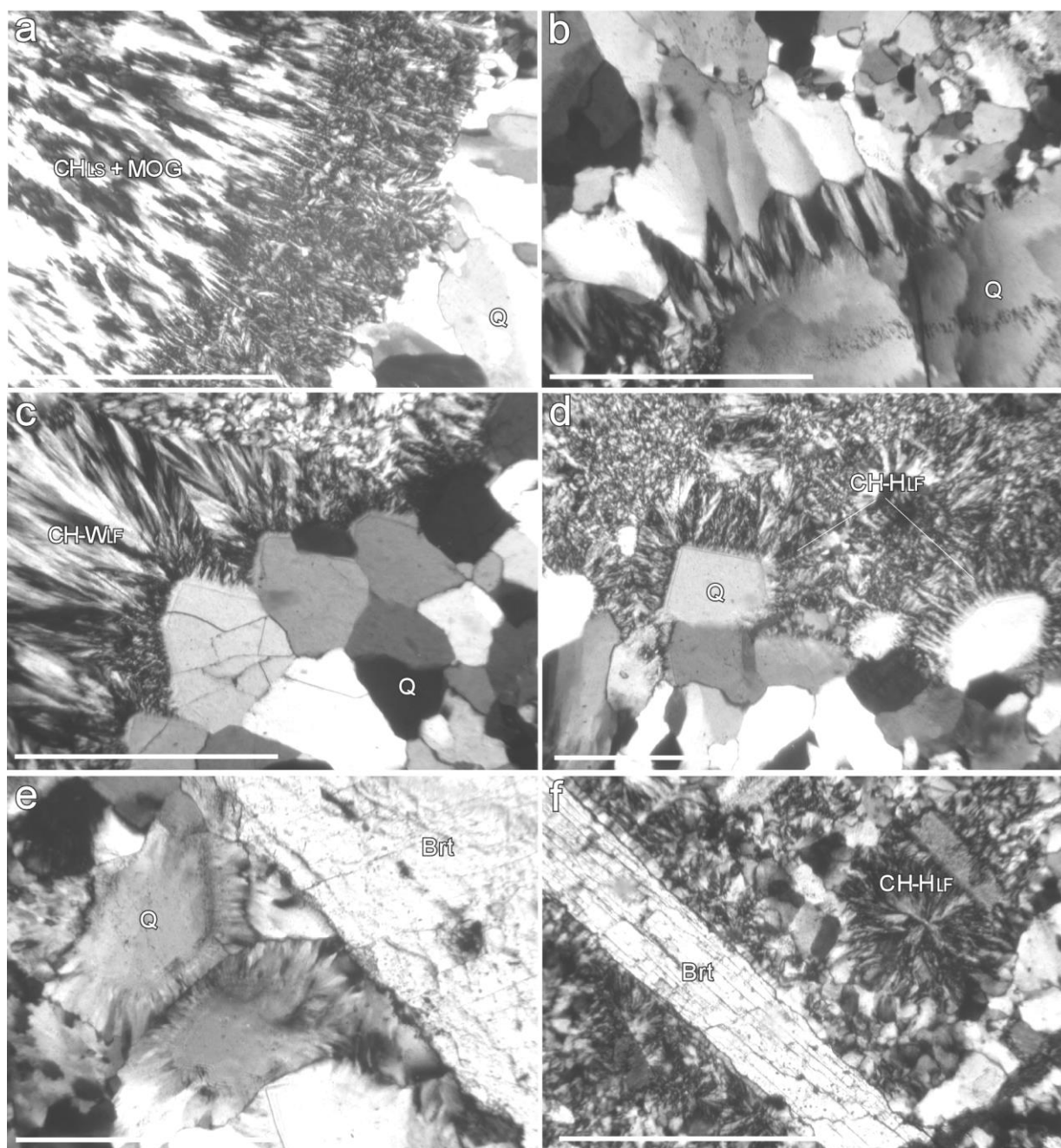
Жилните ахати от района на Маджарово са изградени предимно от SiO_2 фази, съпроводени от вариращи

количества барит и сулфиди. Характерна особеност на описваните ахати е многократно и ритмично редуващите се ивици с дебелина 1-2 mm от SiO_2 фази (кварц, халцедон и кварцин) (фиг. 3а). Кварцът е във вид на ивици с дебелина 1-2 mm, най-често разделени от CH-H_{LF} и CH-W_{LF} (фиг. 3б). Наблюдава се кварц, около който е нараснал халцедон (CH-W_{LF} и CH-H_{LF}), както и по-късна генерация кварц (фиг. 3с-е). Халцедонът е безцветен, по-рядко е светлокафеникав, оцветен от Fe хидроксиди. Представен е от ивици от различни микроструктурни видове – параболично-влакнест, паралелно-влакнест и масивен. Кварциът е влакнест със същите оптически свойства като халцедона, но за разлика от него притежава положително удължение. В някои случаи показва характерна микроритмичност. Вероятно кварциновите ивици в някои образци съдържат известно количество могоанит. Баритът е призматично удължен до няколко сантиметра. Често е под

формата на тънкопризматични, взаимнопресичащи се кристали с преобладаващи размери 0.15x2 mm, разположени сред халцедонови сферолити, параболично-влакнест халцедон и кварц (фиг. 3f). В периферните части на баритовите кристали се наблюдават тънки (около 0.05 mm) ивици кварцин, кварц и халцедон. Редуването на различните микроструктурни типове халцедон и SiO₂ фази е от типа: Q → CH_{LS} → Q → CH_{LS} → CH_{LS} + MOG? → CH-H_{LF} → Q → CH-W_{LF} → Q → CH_{LS} → Q. В някои образци се наблюдава и халцедон CH_M, като редуването на различните SiO₂ фази в тези случаи е: CH_{LS} → Q → CH_{LS} → CH_{LS} + MOG? → CH-H_{LF} → Q → CH-W_{LF} → CH_M.

Генетични особености

Генезисът на жилните ахати от района на Маджарово, следва да се обвърже с постмагматичната хидротермална дейност в Източните Родопи. Последната е неравномерно проявена, по-интензивно около високо проницаемите приразломни зони. Особеностите на аметистовите ахати от района на Маджаровското рудно поле отразяват промените във физикохимични условия на минералообразуване и еволюцията на хидротермалните разтвори. Освен промяната на физикохимичните параметри на кристализационната среда през различните



Фиг. 3. Микрофотографии на жилни ахати от района на Маджарово, Източни Родопи: а – многократно и ритмично редуващи се ивици от кварц, халцедон и кварцин + могоанит?; б – редуващи се ивици от кварц и халцедон; с-е – кварц, около който е нараснал CH-W_{LF} (с), CH-H_{LF} (d) и по-късна генерация кварц (е); ф – тънкопризматични баритови кристали сред кварц и халцедонови сферолити. Маркер: а-ф – 0.52 mm; +N

стадии на минерализация, хидротермалните разтвори в различните участъци на рудното поле са показвали значителни колебания относно концентрацията на метални йони и фугитивност на сярата и кислорода. Това е довело до диференцирано отлагане на рудните минерали (оксиди и сулфиди) в жилите, като някои от тях са формирали повече от една генерация. Образоването на аметистовата минерализация е осъществено предимно от нискотемпературни Fe-съдържащи разтвори. Хоризонталната геохимична зоналност в Маджаровското рудното поле сочи че, обогатените на Si, Au и Fe участъци са разкрити непосредствено по периферията на най-вътрешната зона и се разполагат около гр. Маджарово (Бресковска, Гергелчев, 1988). Това са участъците от рудното поле с най-висока концентрация на жили с аметистова минерализация.

Характерът на разпространение на аметист в района дава основание да се предполага, че петият (кварц-баритов) минерализационен стадий на Маджаровското рудното поле, с който е свързана изследваната минерализация, но вече с по-ниска концентрация на Fe йони, вероятно засяга и по-отдалечени участъци в Източните Родопи. Това са по-високо проницаемите зони и газовите празнини във вулканитите, разпространени в района на селата Горна Кула, Бараци, Поточница, Студен кладенец и др., където също се установява аметистова минерализация, но значително по-слабо развита (Цинцов, Банушев, 2002).

Заклучение

Аметистовите образувания от Маджаровското рудно поле притежават своеобразна текстурна зоналност, която дава основание да се обособят два различни минерални агрегата: *жилни ахати* и *плътни жилни аметистови маси*. Като жилни ахати се възприемат ритмично-зонално редуващите се слоеве от SiO₂ фази, а останалата част – като плътна жилна аметистова маса. Границата между тези агрегати е условна и за такава, авторите на настоящото изследване приемат края на ритмично-зонално редуващите се слоеве на различните SiO₂ фази (кварц, халцедон, кварцин). Ахатите са изградени от многократно и ритмично редуващите се ивици с дебелина 1-2 mm от кварц, халцедон и кварцин, съпроводени от вариращи количества барит и включения от сфалерит и галенит. Оцветяването им се дължи на различната концентрация и разпределение на дребни (под 5 µm) зърна от Fe оксиди/хидроксиди. Жилните ахати са резултат на постмагматичната хидротермална дейност в Източните Родопи, неравномерно проявена, по-интензивно около високо проницаемите приразломни зони.

Благодарности. Авторите изказват благодарност на инж. Д. Желев за съдействието.

Литература

- Атанасова, Р., И. Бонев. 2005. Скелетен галенит, едновременно образуван с халцедон-моганитови сферолити. – В: *Сборник разширени резюмета от Юбилейна международна конференция "80 години Българско геологическо дружество"*, 17-18 ноември 2005. С., 63-66.
- Бресковска, В., З. Илиев, Б. Маврудчиев, И. Валцаров, И. Велинов, П. Ножаров. 1976. Маджаровское рудное поле. – *Геохим., минерал. и петрол.*, 5, 57-78.
- Бресковска, В., В. Гергелчев. 1988. Маджаровско рудно поле. – В: *Оловно-цинковите находища в България*. С., Техника, 114-127.
- Горанов, А. Д. Кожухаров, И. Боянов, Е. Кожухарова. 1995. *Обяснителна записка към геоложка карта на България, М 1:100000, Картни листове Крумовград и Сапел С.*, КГМР, "Геология и Геофизика" АД, 97 с.
- Иванов, Р. 1960. Магматизмът в Източнородопското палеогенско понижение. Част I. Геология. – *Тр. геол. България, Сер. Геохим. и пол. изкоп.*, 1, 311-387.
- Илиев, З., В. Бресковска. 1979. Още върху стадията на минерализация в Маджаровското рудно поле. – *Год. СУ, Геол.-геогр. фак.*, 70, кн. 1, Геология, 387-393.
- Костов, Р. И. 1992. *Аметист*. С., СУБ, 249 с.
- Маврудчиев, Б. 1959. Горноолигоценски интрузии от Маджаровския руден район. – *Год. СУ, Геол.-геогр. фак.*, 52, кн. 1, Геология, 251-298.
- Марчев, П., З. Илиев, С. Ноков. 1989. Олигоценовый вулкан Маджарово. – В: *Альпийский магматизм Средногории и Восточных Родоп и связанная с ним металлогения. Путеводитель экскурсии Е-2*. С., 98-105.
- Пожаревски, И. 1986. Ювелирные разновидности кремнезема (аметист, аметист-морион и аметистовый халцедон) месторождения Маджарово. – В: *Достижения болгарской геологии*, С., Техника, 264-268.
- Пожаревски, И. 1987. Опыт за гемоложка класификация на ювелирните разновидности на силициевия двуокис. – *Год. СУ, ГГФ*, 1, Геология, 81, 91-108.
- Цинцов, З., Б. Банушев. 2002. Характеристика на аметистовите ахати от Крумовградско. – *Минно дело и геология*, 1, 23-27.
- Flörke, O. W., H. Graetsch, B. Martin, K. Röller, R. Wirth. 1991. Nomenclature of micro- and non-crystalline silica minerals, based on structure and microstructure. – *N. Jh. Mineral. Abh.*, 163, 19-42.
- Kostov, R. I., S. S. Hafner. 1992. Paramagnetic centers in Madjarovo vein amethyst from Southern Bulgaria. – *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 45, 1, 29-31.
- Lilov, P., Y. Yanev, P. Marchev. 1987. K/Ar dating of the Eastern Rhodopes Paleogene magmatism. – *Geologica Balc.*, 17, 4, 49-58.
- Tsintsov, Z. L., B. S. Banushev, R. I. Pazderov. 2001. Mineralogical characteristic of Paleogene coral agates from Eastern Rhodopes, Bulgaria. – *N. Jb. Miner. Mh.*, 10, 464-480.

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Минералогия и петрография", ГПФ