

## РУДНА МИНЕРАЛИЗАЦИЯ И ПЕТРОГРАФСКИ ОСОБЕНОСТИ НА ЗЛАТОСЪДЪРЖАЩОТО РУДОПРОЯВЛЕНИЕ ДОБРОСЕЛЕЦ (УЧАСТЪК МОГИЛИТЕ), САКАРСКИ РУДЕН РАЙОН

*Страшимир Страшимиров, Сергей Добрев, Стефка Приставова, Маргарита Василева*

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

**РЕЗЮМЕ.** Приведени са данни за геоложкия строеж, вместващите скали и по-важните структурни особености на златосъдържащо рудопроявление Доброселец, като вниманието е насочено към участък Могилите, за който до момента не са извършвани по-подробни изследвания. В работата се предлага нова информация за петрографската характеристика и хидротермалните изменения, наложени върху вместващите скали. Определен е характера на рудната минерализация, като са описани особеностите на установените минерали. Описани са някои редки за страната минерални фази (ескимоит), както и за първи път в страната се дават сведения за минерала уреит. На базата на изследване на флуидни включения в двойнополирани пластинки от кварц, са направени предположения за температурния режим на развитие на хидротермалната система в рудопроявлението и то е характеризирано като типичен представител на нискосульфидния епитермален тип златни минерализации.

### ORE MINERALISATION AND PETROLOGICAL FEATURES OF THE Au-BEARING ORE OCCURRENCE DOBROSELETZ (SECTOR MOGILITE), SAKAR ORE REGION

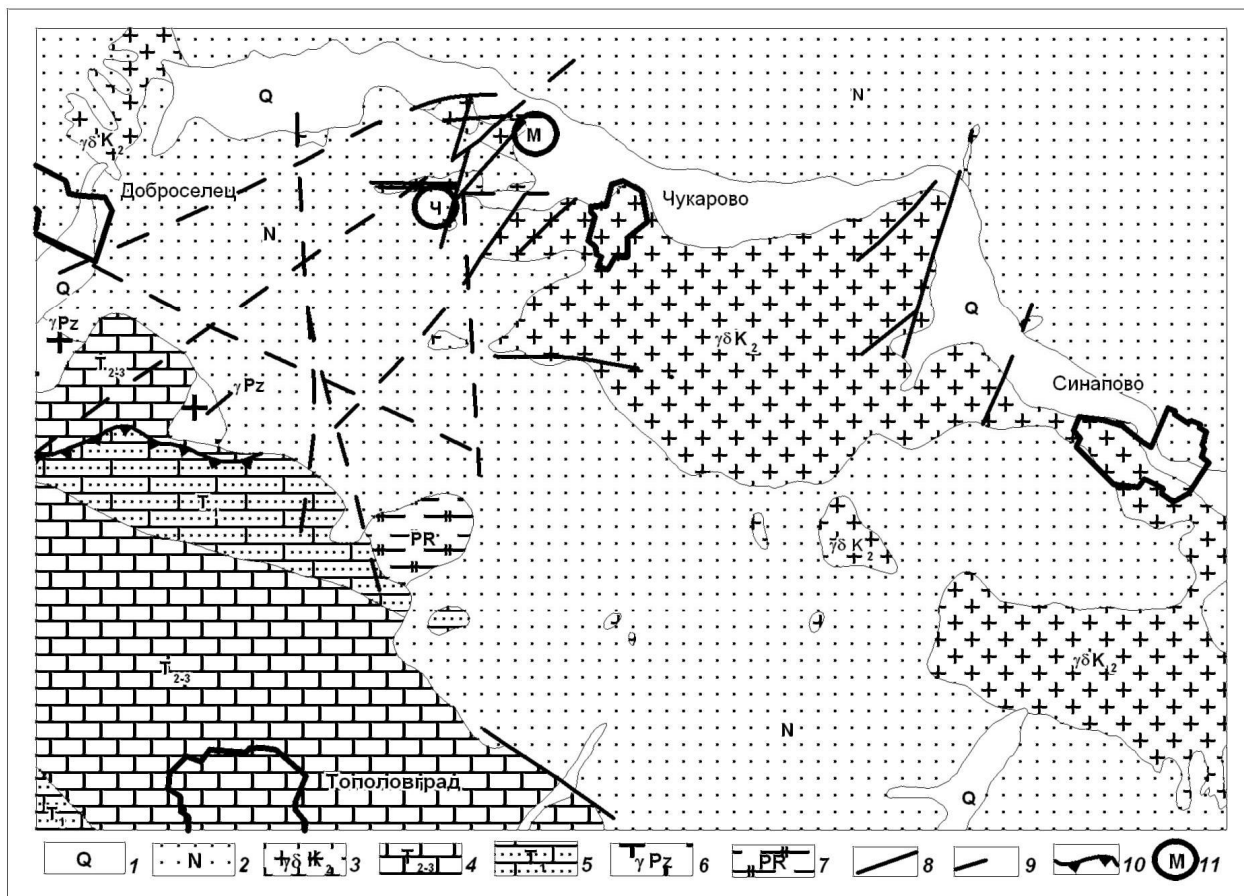
*Strashimir Strashimirov, Sergey Dobrev, Stefka Pristavova, Margarita Vassileva  
University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; sbs@mgu.bg*

**ABSTRACT.** Data about the geological structure, host rocks and the most important tectonic features of Au-bearing ore mineralization Dobroseletz are provided and the attention is focused on Mogilite sector where no any detail investigations are done till now. The paper includes a new information about the petrological characteristics and hydrothermal alterations of the host rocks. It is determined the type of ore mineralization and features of observed ore minerals are described. Some rare for the country ore minerals are described (eskimoite) and for the first time are provided information about the presence of ourite. Suggestions about the temperature regime of development of the hydrothermal system in this ore occurrence are done on the basis of fluid inclusions studies of quartz and it is characterized as typical representative of the low sulphidation epithermal gold mineralizations.

### Въведение

Рудопроявление Доброселец е първото златорудно проявление в Сакарската област, открито през 1987 г. при прокарването на сондажни работи от бившото ДСО "Редки метали". Рудопроявлението включва участъците "Чаира" и "Могилите", които са проучвани в миналото от същата фирма с ядрови сондажи (Занев и др., 1995, непубл.), а през 1996 г. са извършени наземни геофизични изследвания и са прокарани канали от фирмата "Rio Tinto Plc.". През последните години в района на рудопроявлението допълнителни сондажни работи са проведени от фирмата "Ей Ес Джи Кеймбридж – България", ЕАД.

Предмет на настоящата работа са резултатите от извършените изследвания за определяне на петрографските особености и хидротермалните промени на вместващите скали, веществения състав на рудната минерализация и температурния режим на нейното отлагане в рудопроявление Доброселец, участък "Могилите", който не е бил обект на по-детайлно минераложко изучаване досега. Публикуваните в литературата данни за злато-сулфидната минерализация в рудопроявлението са сравнително ограничени и се отнасят за участък "Чаира" (Стоев и др., 1989; Петрова, 1995).



Фиг. 1. Геоложка карта на района на рудопроявление Доброселец: 1 – алувиални отложения; 2 – глини, глинести пясъчници, пясъкливи варовици; 3 – гранити до гранодиорити; 4 – доломити, доломитни варовици, мраморизирани варовици; 5 – мусковитови шисти, гранат-слюдени шисти, мраморизирани варовици; 6 – равномернозърнести биотитови гранити; 7 – биотитови и двуслюдени гнайси и шисти; 8 – установени разломи; 9 – предполагаеми разломи; 10 – навлак; 11 – местоположение на участъците, М – “Могилите”, Ч – “Чаира”

### Геоложки строеж на района на рудопроявлението

Златното рудопроявление Доброселец е разположено на 10 km североизточно от Тополовград, между селата Доброселец и Чукарово (фиг. 1). Рудопроявлението попада в пределите на Сакар-Странджанската зона и е локализирано в Гранитово-Чукаровския плутон, граничещ на юг с Тополовградската синклинала, а на север – с Манастирските височини, в южната приразломна зона на Манастирския грабен. В геоложкото развитие на областта могат да се отделят три главни етапа: къснокамбрийско-палеозойски, мезозойски и неозойски. През първия етап са се формирали гнайси, кристалинни шисти, гранити и амфиболити, които се разкриват предимно на юг от разглеждания район. В мезозоя е формирана дебела (>2000 m) серия от теригенен (T<sub>1</sub>) и доломито-карбонатен (T<sub>2,3</sub>) триас в югозападната част на района. През късната креда по Воденско-Каменоречката разломна зона се внедрява Гранитово-Чукаровския гранитоиден плутон. Описаните дотук скали в голяма степен са покрити от неогенските, предимно алувиално-пролувиални отложения на Елховско-Ямболския басейн – глинести пясъчници, пясъци, глини и пясъкливи варовици, като в подчинено количество са застъпени конгломерати и гравелити. Кватернерът в района е представен от елувий, делувий, пролувий и алувий. Гранитово-Чукаровският плутон се разкрива между селата Овчи кладенец, Каменна река,

Чукарово и Гранитово. Плутонът е с дължина 35 km, широчина 5-6 km и обща площ около 200 km<sup>2</sup>. Съставен е предимно от гранити до гранодиорити, кварцмонодиорити и др. с горнокредна възраст (Вергилов, Стойчева, 1968; Петрова, 1995; Скандеров и др., 1994; Скандеров, 1996; 1997; Милев и др., 2007).

В структурно отношение районът се характеризира с блоково-мозаечен строеж. Установени са разломни нарушения с разнообразна посока и от различен порядък – субмеридионални, субекваториални, североизточни и северозападни, пресичащи се на места. Тези нарушения са контролирали и хидротермалната дейност. Рудната минерализация е локализирана в силно хидротермално променени до кварц-слюдени, зонални, биотитови плагиогранити, пегматоидни монодиорити и амфибол-биотитови гранити.

Орудяването в участък “Чаира” е засебено в четири минерализирани зони, привързани към разломи със североизточна посока (20-40°), изградени от интензивно променени гранитоиди, кварцови жили и жилки и жилково-впръслена злато-сулфидна минерализация. Дебелината на отделните минерализирани зони варира от 6 до 113 m. Общото количество на прогнозните ресурси от злато възлиза на 9.5 t (Милев и др., 2007). Макроскопски рудата е с преобладаващо пиритен състав, с впръслена,

жилково-впръслена или жилковидна текстура, със съдържание на рудни минерали от порядъка на 5-6%. Рудните минерали са представени главно от пирит, а като второстепенни и редки фази са застъпени тетраедрит-тенантит, халкопирит, галенит, сфалерит, самородно злато, халкостибит, енаргит, борнит, оловни сулфосоли (джерсонит, бурнонит, фюлепит, цинкенил), айкинит, тетрадимит, телуриди (калаверит, хесит?), стибнит и арсенопирит (Петрова, 1995).

Участък "Могилите" се разполага на 1 km северозападно от с. Чукарово, Ямболско. В геоложкия строеж преобладават гранитоиди, в които се наблюдават кварцови жили и жилки и окварцени участъци. Установени са разломни нарушения с разседен и възседен характер, разместващи ореолите от хидротермално променени вместващи скали и рудните тела (Милев и др., 2007).

### Материал и методика

Изследванията са извършени върху 30 броя образци от сондажна ядка и от повърхностни разкрития в рудопроявление Доброселец, участък "Могилите". Направени са 4 броя дифрактограми за диагностика на минерални фази в хидротермално променените скали. Рентгеноструктурните дифрактометрични анализи са реализирани в лабораторията "РСА и ДТА" на "Евротест – Контрол", ЕАД, с апаратура "Система D 500 Siemens" при 40 KV/30 mA.

За изучаване химизма на рудните минерали са проведени количествени рентгеноспектрални микроанализи, с помощта на сканиращ електронен микроскоп JEOL JSM 35 CF, с рентгенов микроанализатор Tracor Northern TN-2000, в лабораторията на "Евротест – Контрол", ЕАД. Анализите са извършени с приставка EDEX, като стандарти са използвани чисти метали и природни съединения. Проведени са минерал-термометрични изследвания върху 11 броя двойнополирани пластинки от кварц, съпътстващ рудната минерализация, с минералтермометрична масичка Chaixmesa, при стъпка на нагряване 10°C/min.

### Петрографски и минераложки изследвания

#### Петрографски особености на вместващите скали

Скалите, вместващи изследваната рудна минерализация са представени от едрозърнести биотитови гранити, засегнати с различна интензивност от хидротермални промени. Те са сиви на цвят, едро- до среднозърнести, с масивна текстура. Слабо засегнатите от хидротермални промени гранити се характеризират с гранитова, на места пойкилитна (монзонитова) и мирмекитова структура. Магматичната минерална асоциация е представена от плагиоклаз (олигоклаз) (до 30%), К-фелдшпат (микроклин) (до 25%), биотит (до 5%), кварц (до 35%), циркон и апатит. Наложените (кварц-серицитов тип) хидротермални промени в тях са проявени повсеместно и неравномерно по интензивност, съпровождат се с интензивни крехки деформации и образуват асоциация от кварц (три генерации), бяла слюда (серицит-мусковит), хлорит, рутил, желязо-титанови продукти, епидот, карбонат и рудни

минерали. Тези скали са описани като кварц-слюдени метасоматити, в които са отделени две парагенези – ранна (кварц-серицитова) и наложена (кварц-карбонат-опалова) (Бахнева и др., 1988; Стоев и др., 1989).

Бялата слюда е представена от финолюспести агрегати, които частично или напълно заместват фелдшпатите (фиг. 2а) в скалата, или в асоциация с хлорит хомоосно променят първичния мафит – биотита. При този процес се образуват дребнозърнест рутил до финоиглест сагенил и "повлекла" от Fe-Ti продукти.

Кварцът от хидротермалната асоциация е представен от три генерации, които морфоложки в образците се разграничават както следва: 1) първата е силно импрегнирала скалата и се наблюдава като мономинерални разноразмерни сегрегации от бистри, със заливовидни очертания зърна и агрегати, и най-вероятно асоциира с интензивното образуване на бялата слюда; 2) втората генерация има локално развитие по линейно издържани зони, изградени основно от кварц, малко дребнолюспеста бяла слюда (серицит) и рудни минерали. Кварцът е разноразмерен – от едро- до дребнопризматичен, на места с мозаичен характер по контакти на отделни зърна. Серицитовите продукти са фино впръснати и са разположени в кварцовите интерстиции (фиг. 2b-c). Рудните минерали в тези зони са отделни изометрични зърна с вариращи размери – от 0.3 до 1.0 mm, като повечето от тях са заместени от кафявочервеникави агрегати от желязни хидроксици; 3) кварцът от третата генерация е халцедонов тип и се установява в неиздържани жилки.

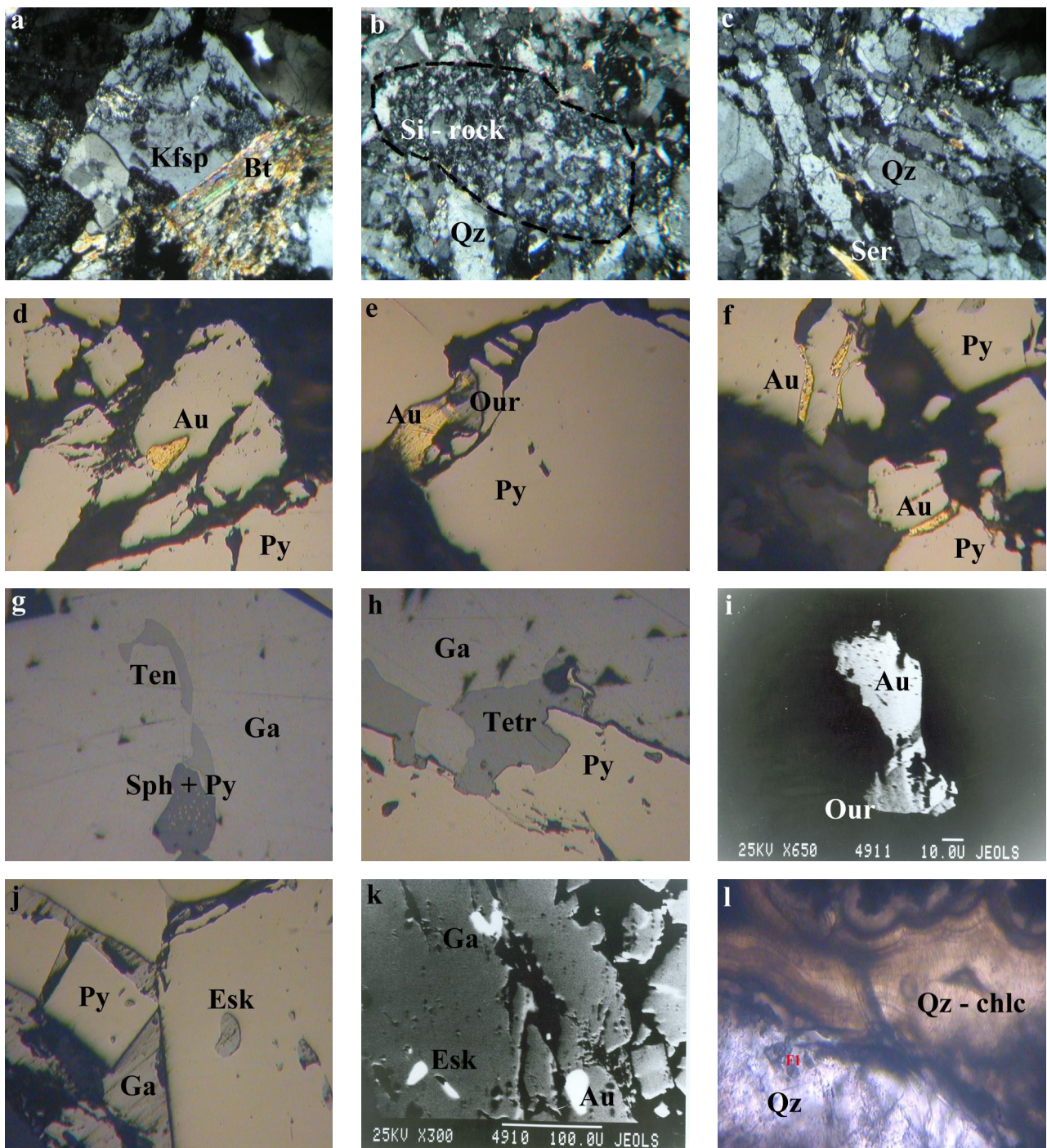
Особеностите на кварца в участък "Могилите", са твърде сходни с наблюдаваните в участък "Чаира", където също са установени три генерации на минерала (Петрова, 1995).

Хидротермално променените гранити повсеместно са процепени от фини, мрежовидно развити карбонатни жилки, с които асоциират дребнозърнест епидот, хлорит и дребнозърнест руден минерал.

#### Рудна минерализация в участък "Могилите"

В резултат на проведените микроскопски изследвания на полирани препарати от участък "Могилите", са установени следните рудни минерали: пирит, халкопирит, сфалерит, галенит, самородно злато, електрум, ковелин, халкозин, тенантит, тетраедрит, ескимойт, урейит и желязни оксиди и хидроксици.

**Пиритът** се среща в най-голямо количество във всички изследвани препарати. Макроскопски е представен от фини впръслени или масивни агрегати. При микроскопските наблюдения се установяват идиоморфни индивиди, в някои случаи частично или напълно заместени от желязни променителни продукти. Заместването е характерно само за образците от приповърхностната част на рудопроявлението и не се наблюдава в образци от по-голяма дълбочина. Най-често пиритът асоциира с галенит и по-рядко със сфалерит.



Фиг. 2. Микрофотографии на вместващи скали, рудни минерали и кварц от рудопроявление Доброселец, участък "Могилите": a, b, c, l – проходяща светлина, (N +); d, e, f, g, h, j – отразена светлина; i, k – СЕМ (размер на видното поле: a, c – 1470 μm; b – 1070 μm; d, e, f, g, h, j – 320 μm); a – К-фелдшпат (Kfsp), петнесто заместен от глинести минерали и мусковитизиран биотит (Bt); b – класт от силно окварцена скала (Si-rock) сред хидротермален кварц (Qz); c – хидротермален кварц с призматичен хабитус (Qz) и финолюнпест серицит (Ser); d – включение от самородно злато с капковидна форма (Au) сред пирит (Py); e – пластинкообразно включение от самородно злато (Au) и уреит (Our) сред пирит (Py); f – самородно злато (Au), отложено по пукнатини в пирит (Py); g – удължени включения от тенантит (Ten) сред галенит (Ga). В долната част на кадъра – включение от сфалерит (Sph) с впръслети от пирит (Py); h – тетраедрит (Tetr), отложен по стената на пиритов агрегат (Py), в асоциация с галенит (Ga); i – включения от самородно злато (Au) и уреит (Our) сред пирит (Py) – обратно отразени електрони, режим COMPO, размер на маркера - 10 μm; j – идиоморфни кристали от пирит (Py), споени от по-късен галенит (Ga), сред пирита вдясно – малки заоблени включения от ескимоит (Esk); k – включения от ескимоит (Esk), самородно злато (Au) и галенит (Ga) сред пирит (Py), обратно отразени електрони, режим COMPO, размер на маркера 100 μm; l – халцедоновиден (Qz-chlc) и кристален кварц (Qz), в кристалния кварц се наблюдава едно двуфазно включение (F1) с неправилна морфология

Характерна за пирита е появата на **самородно злато**, срещащо се като включения с разнообразна морфология сред него. Асоциацията на пирит и самородно злато е

установена в сондажни образци от дълбочина 154.00 m. Наблюдавани са над 15 включения от самородно злато, по-характерните от които са показани на фиг. 2d,e,f.

Срещат се както капковидни или пластинчати златинки (фиг. 2d-e), така и удължени индивиди, развити по пукнатини в пирит (фиг. 2f). Размерите на златинките са твърде фини, като най-голямата наблюдавана златинка достига до около 50 µm по дългата ос (фиг. 2d). При направените количествени микросондови анализи на злато (Табл. 1), се установяват сравнително ниски съдържания на Ag, вариращи от 2.24 до 13.01 тегл.%. Като елементи примеси присъстват Fe и Cu, като вторият елемент е с устойчиво присъствие във всичките анализирани проби. Проведените анализи в централната и в периферна част на златинка с по-големи размери, не показват значителни различия в съдържанията на Ag (център – 2.43 тегл.%, периферия – 2.24 тегл.%).

Освен с пирит, самородното злато е установено в асоциация с галенит, в препарат от сондажен образец, от дълбочина 100.00 m. Количествените микросондови анализи на злато, асоцииращо с галенит, показват чувствително по-високи съдържания на Ag (23.22 тегл.%), което дава основание то да бъде определено като електрум. В него също се установява наличие на примесен елемент Si, със съдържание 0.61 тегл.%.

На този етап от изследванията е трудно да се направи заключение дали се касае за две генерации злато – първата образувана заедно с пирита, а втората (електрум) асоциираща с галенит-сфалерит и пирит. От проведените няколко анализа може да се направи предположението, че като цяло самородното злато се характеризира с висока пробност.

Описваното самородно злато показва твърде близки характеристики до наблюдаваното в участък "Чаира", където Петрова (1995) установява същите елементи примеси – Ag, Fe и Cu в подобни концентрации. За разлика от посочения участък, при настоящите изследвания се регистрира електрум, но отсъства калаверит.

**Галенитът** има сравнително по-широко разпространение от сфалерита. Двата минерала обикновено се срещат в асоциация, приблизително в равни количества, но освен това галенит се наблюдава често съвместно с пирит, при отсъствие на сфалерит. Галенитът е образуван по-късно от пирита и сфалерита. Често се установява под формата на фини жилки, отложени по стените на пиритни кристалчета или на места кородира сфалерит. В някои от препаратите сред галенита се наблюдават включения от тенантит и тетраедрит. В единичен случай, минералът асоциира с електрум. Проведените качествени микросондови анализи показват

отсъствие на елементи-примеси и химизъм на минерала, близък до теоретичния.

**Сфалеритът** се среща под формата на неправилни агрегати, кородирани от галенит. Характерно за него е наличието на емулсия от халкопирит, която е резултат на епигенетно отлагане.

**Халкопиритът** е представен в твърде оскъдно количество в изследваните препарати. Установява се предимно като емулсия сред сфалерит и в единични случаи във вид на малки, добре заоблени зърна сред галенит. В по-горните нива на рудопроявлението, количеството на минерала е било по-значително, тъй-като в образци от тях, се наблюдава наличие на халкозин и ковелин.

**Халкозинът и ковелинът** се срещат съвместно, като вторични медни сулфиди, развити вероятно по халкопирит. Сред тях се наблюдават реликти от минерала галенит, който е присъствал във вид на включения в халкопирита. Халкозин и ковелин са наблюдавани само в два от изследваните препарати.

В асоциация с галенит и сфалерит са установени минерали от редицата **тенантит-тетраедрит**. При направените количествени рентгеноспектрални анализи (Табл. 2) по-често се установява **тенантит**. Той се среща под формата на малки, заоблени включения в галенит (фиг. 2g), често отложени на контакта му с пирит. Включенията са с неправилни очертания, понякога с удължена морфология.

Данните от проведените количествени микросондови анализи показват, че **тенантитът** се характеризира със сравнително ниски съдържания на Sb, Zn и Fe, ниски концентрации на Ag (0.40 тегл.%) и повишени съдържания на Cd (2.97 тегл.%). Анализираният **тетраедрит** (фиг. 2h) се отличава с повишени съдържания на Ag (3.69 тегл.%), Zn (6.39 тегл.%) и Te (4.27 тегл.%), и в сравнение с тенантита показва по-ниски концентрации на Cd (1.46 тегл.%). Фазата може да бъде номинирана като цинков тетраедрит.

При настоящите изследвания бяха установени и два твърде редки минерали от системата Ag-Pb-Bi – урейит и ескимоит. Данни за находки на урейит в страната ни, отсъстват в литературата, а ескимоит е диагностициран досега в България, единствено в полиметалното находище Ардино, Централни Родопи (Бонев, 1991).

Таблица 1

Количествени рентгеноспектрални микроанализи на самородно злато в асоциация с пирит (анализи №1, 2, 3, 4) и на електрум, в асоциация с галенит и сфалерит (анализ №5).

| Анализ №      | Минерална асоциация              | Елементи (тегл.%) |       |      |      |       |
|---------------|----------------------------------|-------------------|-------|------|------|-------|
|               |                                  | Ag                | Au    | Fe   | Cu   | Σ     |
| 1 (център)    | самородно злато + пирит          | 2.43              | 95.37 | 1.16 | 0.84 | 99.80 |
| 2 (периферия) | същата златинка                  | 2.24              | 95.31 | 1.40 | 0.62 | 99.57 |
| 3             | удължена златинка в пирит        | 12.59             | 86.28 | -    | 0.76 | 99.63 |
| 4             | самородно злато + пирит + урейит | 13.01             | 86.54 | -    | 0.31 | 99.86 |
| 5             | електрум + галенит + сфалерит    | 23.22             | 75.46 | -    | 0.61 | 99.29 |

Кристалохимични формули: 1.  $Au_{0.90}Ag_{0.04}Fe_{0.04}Cu_{0.02}$ ; 2.  $Au_{0.90}Ag_{0.04}Fe_{0.05}Cu_{0.02}$ ; 3.  $Au_{0.77}Ag_{0.21}Cu_{0.02}$ ; 4.  $Au_{0.78}Ag_{0.21}Cu_{0.01}$ ; 5.  $Au_{0.63}Ag_{0.35}Cu_{0.02}$

Таблица 2

Количествени рентгеноспектрални микроанализи на тенантит (1), тетраедрит (2), ескимоит (3), уреийт (5) от рудопроявление Доброселец (участък Могилите); ескимоит (4) и уреийт (6) по Чвилева и др. (1988)

| Анализ № | Елементи (тегл. %) |       |      |       |       |       |      |       |      |      |       |        |
|----------|--------------------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|--------|
|          | Ag                 | Sb    | Fe   | Cu    | Pb    | Bi    | Zn   | As    | Te   | Cd   | S     | Σ      |
| 1        | 0.40               | 3.13  | 2.50 | 46.37 | -     | -     | 2.19 | 18.14 | -    | 2.97 | 24.32 | 100.02 |
| 2        | 3.69               | 29.19 | -    | 35.01 | -     | -     | 6.39 | -     | 4.27 | 1.46 | 19.58 | 99.59  |
| 3        | 10.60              | -     | -    | 0.73  | 31.52 | 40.38 | -    | -     | -    | -    | 16.38 | 99.61  |
| 4        | 10.62              | -     | -    | -     | 29.12 | 44.07 | -    | -     | -    | -    | 16.22 | 100.03 |
| 5        | 14.07              | -     | -    | 0.58  | 26.17 | 42.77 | -    | -     | -    | -    | 16.02 | 99.61  |
| 6        | 12.95              | -     | -    | -     | 29.87 | 41.16 | -    | -     | -    | -    | 16.02 | 100.00 |

Кристалохимични формули: 1.  $(\text{Cu}_{11.35}\text{Ag}_{0.06}\text{Fe}_{0.70}\text{Zn}_{0.52}\text{Cd}_{0.11})_{13.04}(\text{As}_{3.77}\text{Sb}_{0.04})_{4.17}\text{S}_{11.80}$ ; 2.  $(\text{Cu}_{10.11}\text{Ag}_{0.63}\text{Zn}_{1.80}\text{Cd}_{0.24})_{12.78}\text{Sb}_{4.40}(\text{S}_{11.21}\text{Te}_{0.61})_{11.82}$ ;

3.  $\text{Ag}_{6.92}\text{Cu}_{0.81}\text{Pb}_{10.71}\text{Bi}_{13.60}\text{S}_{35.96}$ ; 4.  $\text{Ag}_{7.00}\text{Pb}_{10.00}\text{Bi}_{15.00}\text{S}_{36.00}$ ; 5.  $\text{Ag}_{3.36}\text{Cu}_{0.24}\text{Pb}_{3.26}\text{Bi}_{5.27}\text{S}_{12.87}$ ; 6.  $\text{Ag}_{3.12}\text{Pb}_{3.75}\text{Bi}_{5.12}\text{S}_{13.00}$

**Уреийт** (*ourayite*). Химичният състав на минерала според Makovicky and Karup-Møller (1984) съответства на формулата  $\text{Ag}_3\text{Pb}_4\text{Bi}_5\text{S}_{13}$ , а според Чвилева и др. (1988) – на  $\text{Ag}_{25}\text{Pb}_{30}\text{Bi}_{41}\text{S}_{104}$ . Според Костов (1993) съставът на минерала може да бъде представен с формулата  $\text{Ag}_{12.5}\text{Pb}_{15}\text{Bi}_{20.5}\text{S}_{52}$ . В изследваните препарати уреийтът се наблюдава под формата на фини прораствания със самородно злато сред пирит (фиг. 2e). По отражение и цвят уреийтът е твърде сходен с галенита. В сканиращ електронен микроскоп, в режим СОМРО, уреийтът отчетливо се различава от самородното злато (фиг. 2i). Извършените количествени рентгеноспектрални микроанализи, показват много голямото сходство на химизма на изследваната фаза със състава на минерала, публикуван от Чвилева и др. (1988) (Табл. 2). Съдържанията на S са почти еднакви, твърде близки са и съдържанията на останалите елементи. В анализиранията фаза се установяват незначителни концентрации на елемента Cu (около 0.5 тегл.%), който според Чвилева и др. (1988) представлява характерен примесен елемент за уреийта.

**Ескимоит** (*eskimoite*). Ескимоитът ( $\text{Ag}_7\text{Pb}_{10}\text{Bi}_{15}\text{S}_{36}$ ) е много рядък минерал, твърде близък по състав до описания по-горе уреийт. На фиг. 2j минералът е представен като заоблени включения в пирит и е почти неразличим от галенита. И двата минерала са бели на цвят, но ескимоитът се отличава със слабо забележима анизотропност. В сканиращ електронен микроскоп, режим СОМРО, двете фази (ескимоит и галенит) не се разграничават отчетливо (фиг. 2k), но проведените количествени рентгеноспектрални анализи, доказват различията в химичния състав на фазите. Резултатите от анализите на ескимоит, показват почти пълно сходство в съдържанията на Ag и S с публикуваните от Чвилева и др. (1988) данни за минерала, много близки са и съдържанията на Pb и Bi (Табл. 2). И тук като характерен елемент-примес присъства Cu, който според посочените по-горе автори, може да достигне до 0.6 тегл.%. В анализиранията минерална фаза медта е около 0.7 тегл.%, т. е. с малко по-високо съдържание в сравнение с уреийта.

Проблемът за класификацията на сулфосолните минерали от дълго време е обект на дискусии в минералогическата общност. В класификацията на Костов (1993) двата описани по-горе минерали са отнесени към павонит-рамдоритовата група. В работата на Möelo et al., (2008) се предлага нова систематика на сулфосолните минерали, като те са поделени на структурни семейства,

хомоложни серии, изотипни и хомеотипни серии, минерални видове и полипти. Според тази класификация, уреийтът и ескимоитът попадат в лилианитовата хомоложна серия на оловните сулфосоли, базирани на широки 2D фрагменти от  $\text{PbS}/\text{SnS}$  архетип. По-специално ескимоитът се отнася към хейровскиитовата хомеотипна серия. Уреийтът заедно с по-рядко срещания уреийт-Р се обособяват в хомеотипна двойка. Разликата между двете фази се изразява в по-ниското съдържание на олово в уреийт-Р (Makovicky, Karup-Møller, 1984), чиито състав съответства на формулата  $\text{Ag}_{3.6}\text{Pb}_{2.8}\text{Bi}_{5.6}\text{S}_{13}$ . Анализиранията при настоящите изследвания фаза, по химизъм попада между уреийта и уреийт-Р. Малките размери на наблюдаваните включения не дават възможност за провеждане на рентгеноструктурни изследвания, с които би могло да се извърши по-прецизната диагностика на фазата, установена в рудопроявление Доброселец.

#### Минералотермометрични изследвания

За изследване на флуидните включения в кварца, от образците са изготвени 11 двойно полирани пластинки, включващи три различни разновидности кварц. В две от разновидностите се установяват твърде малко включения, подходящи за провеждане на минералотермометрични изследвания, а в третата (халцедоновиден кварц) не се наблюдават. Поради отсъствието на добре обособени и достатъчно прозрачни кварцови кристали, особеностите на включенията не са ясно изразени и е трудно да се определи еднозначно дали те са първични или вторични. Измерванията са провеждани главно върху аazonални флуидни включения, за които се предполага първичен произход, но независимо от това обстоятелство, резултатите от проведените изследвания в значителна степен имат предварителен характер.

Първата разновидност кварц е представена вероятно от метасоматични агрегати, образувани при хидротермалната промяна на вместващите скали. Срещат се обособени кварцови зърна със светлосив до белезникав цвят, в които се установяват единични газово-течни включения със сравнително голям и тъмен на цвят газов мехур. Измерените температури на хомогенизация в тези флуидни включения са относително високи – в диапазона 380-400°C, което наред с петрографските особености на образци от съседни интервали на сондажа, подсказва възможността за развитие на грайзеноподобен тип промяна. В подкрепа на това предположение е наличието на еднофазни твърди включения в кварца, които са

характерни за по-високотемпературните хидротермални промени.

Втората кварцова разновидност е представена от светлосив до бял на цвят жилин кварц, съпътстващ рудната минерализация. Основната част от измерванията са проведени именно върху тази разновидност. В жилния кварц, подходящите за минералотермометрични изследвания флуидни включения, също са твърде оскъдни. Обособяват се две области на хомогенизация на газово-течните включения. Първата обхваща интервала 265-220°C, като за повечето от измерените включения може да се предполага с по-голяма увереност първичен генезис. При температури близки до 260°C са наблюдавани явления на кипене (?) в сондажни образци от около 100 m под повърхността. По това време, може да се предполага, че е започнало масовото отлагане на сулфидите. Втората област обхваща интервала 175-150°C, като включенията показват по-скоро вторичен характер.

От изследваните образци не може еднозначно да се направи изводът, дали пиритът се съпътства от обособена, самостоятелна генерация кварц, или същият кварц придружава полиметалната минерализация и пирита. Измерените температури на хомогенизация на флуидни включения в кварц, непосредствено асоцииращ с пирит, са засебени в по-високотемпературната част на интервала 240-265°C, докато в образците с наличие на галенит и сфалерит, температурите на хомогенизация обикновено са по-ниски, в диапазона 230-220°C.

Третият тип кварц е от халцедонов тип и има коломорфна структура (фиг. 21). В него не се установяват включения, но може да се предположи, че той е отложен при най-ниски температури в минералообразователната система (вероятно под 150°C). Халцедоновидният кварц е характерен минерал за нискотемпературните епитермални минерализации, в които често придружава проявите на злато. На фиг. 21 са показани фрагменти от халцедоновиден кварц и контактите му с кристален кварц. На този етап на изследванията не могат да изпъкнат отчетливо измененията на температурата на образуване на минерализацията в дълбочина.

## Заклучение

В резултат на проведените изследвания са установени следните по-важни особености на златосъдържащата минерализация в находище Доброселец (участък "Могилите"):

Орудяването е развито в линейно изтеглени зони с окварцяване, пресичащи хидротермално променени биотитови гранити от Гранитово-Чукаровския интрузив. Хидротермалната промяна, освен окварцяване, е представена и от кварц-мусковитов тип изменения (грайзенизация?), засягащи по-интензивно вместиращите скали, в по-дълбоките части на рудопроявлението.

Рудната минерализация включва пирит, халкопирит, сфалерит, галенит, самородно злато, електрум, ковелин, халкозин, тенантит, тетраедрит, ескимойт, урейит и железни оксиди и хидроксиди. Носители на злато в

рудопроявлението са самородното злато и електрума. Самородното злато има отчетливо по-широко разпространение и асоциира главно с пирит. Наблюдавани са разнообразни по морфология и размери златинки, най-често развити по пукнатини в пирита. Съдържанията на Ag в самородното злато са ниски (2.24 до 13.01 тегл.%), като елементи-примеси се установяват следи от Cu и Fe. Електрумът асоциира предимно с галенит. Съдържанието на Ag в него достига до 23.22 тегл.%. Възможно е отлагането на златото да е протекло в два различни стадия, като са образувани съответно самородно злато и електрум.

С количествени рентгеноспектрални анализи са получени данни за химизма на два редки минерала - урейит ( $Ag_{3.36}Cu_{0.24}Pb_{3.26}Bi_{5.27}S_{12.87}$ ) и ескимойт ( $Ag_{6.92}Cu_{0.81}Pb_{10.71}Bi_{13.60}S_{35.96}$ ), като урейитът представлява първа находка за страната. Двете минерални фази се наблюдават под формата на фини включения, асоцииращи с пирит и самородно злато.

Проведените минералотермометрични изследвания отчетливо определят два температурни диапазона на отлагане на минерализацията в участъка. Първият диапазон, вероятно е свързан с хидротермалната промяна от кварц-мусковитов тип (380-400°C), докато вторият диапазон е свързан с отлагането на по-късната пирит-полиметална минерализация. Пиритът се образува при 240-265°C, а галенитът и сфалеритът – при малко по-ниски температури (230-220°C).

В генетично отношение изследваната рудна минерализация най-вероятно се отнася към епитермалния нискосулфиден тип златосъдържащи орудявания, представители на които са известни главно в района на Източните Родопи, и в по-малка степен – в Сакарския руден район.

*Благодарности:* Изказваме нашата благодарност на фирмата "Ей Ес Джи Кеймбридж – България", ЕАД за предоставената възможност за провеждане на изследванията.

## Литература

- Бахнева, Д., Л. Стоев, Д. Деков, С. Христов. 1988. Метасоматични изменения в антимонитовото рудопроявление Доброселец, Тополовградско. – *Год. ВМГИ*, 34, 1, 115-121.
- Бонев, И. К. 1991. Минералогия и геохимия на полиметалното находище Ардино. – *Геохим., минерал. и петрол.*, 27, 25-62.
- Вергилов, В., К. Стойчева. 1968. Петрология на Гранитовския плутон. – *Изв. Геол. инст. БАН, сер. Геох., минер. и петрогр.*, 17, 241-267.
- Занев, П., М. Велева, В. Запрянов. 1995. *Окончателен доклад на находище "Доброселец", Хасково.*, Нац. Геофонд, XI-96.
- Костов, И. 1993. *Минералогия.*, С., Техника, 734 с.
- Милев, В., Н. Обретенов, В. Георгиев, А. Аризанов, Д. Желев, И. Бонев, И. Балтов, В. Иванов. 2007. *Златните находища в България.* Земя-93, 208 с.

- Петрова, К. 1995. Минералогия на златорудно находище Доброселец. – *Геология и минерални ресурси*, 6-7, 18-22.
- Скендеров, Г. 1996. Алпийско тектоно-магмено развитие и металогения на Странджанската зона в България. – *Геология и минерални ресурси*, 5-6, 6-12.
- Скендеров, Г. 1997. Златорудният потенциал на България. – *Геология и минерални ресурси*, 5, 31-36.
- Скендеров, Г., С. Добрев, В. Костов, М. Узунова. 1994. Металогенни особености на района Полски Градец – Гранитово и перспективи за търсене на златни и волфрамови орудявания. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 55, 1, 121-131.
- Стоев, Л., Д. Деков, Л. Дедински. 1989. Золоторудная минерализация в районе села Доброселец, Тополовградского района. – *Докл. БАН*, 42, 6, 83-84.
- Чвилева, Т. Н., М. С. Безсмертная, Э. М. Спиридонов, А. С. Агроскин, Г. В. Папаян, Р. А. Виноградова, С. И. Лебедева, Е. Н. Завьялов, А. А. Филимонова, В. К. Петров, Л. П. Раутиан, О. Л. Свешникова. 1988. *Справочник-определитель рудных минералов в отраженном свете*. М., Недра, 504 с.
- Makovicky, E., S. Karup-Møller. 1984. Ourayite from Ivigtut, Greenland. – *Canad. Mineral.*, 22, 4, 565-575.
- Möelo, Y., E., Makovicky, N. Mozgova, J. Jambor, N. Cook, A. Pring, W. Paar, E. Nickel, S. Graeser, S. Karup-Møller, T. Balic-Žunic, W. Mumme, F. Vurro, D. Topa, L. Bindi, K. Bente, M. Schimizu. 2008. Sulfosalt systematics: a review. Report of the sulfosalt sub-committee of the IMA Commission on Ore Mineralogy. – *Eur. J. Mineral.*, 20, 7-46.

Препоръчана за публикуване от  
Катедра "Геология и проучване на полезни изкопаеми", ГПФ