

Сульфидно-барит-флуоритовата минерализация в находище Югово, Централни Родопи

Тодор Тодоров¹, Ангел Ангелов²

¹ Геологически институт, БАН, 1113 София

² Геологопроучвателно предприятие, 4230 Асеновград

T. Todorov, A. Anguelov — *Sulphide-baryte-fluorite mineralization in Yugovo deposit, Central Rhodope Mountains.*

The hydrothermal deposit Yugovo is situated in the northern part of the Central Rhodope Mountains. It consists of many ore veins and rare metasomatic bodies, situated among the metamorphic rocks of the Lukovitsa Formation from the Rhodope subgroup. The ore bodies are quartz, quartz-carbonate and carbonate in composition with fluorite-baryte and/or molybden-polymetallic mineralization. Vein and metasomatic bodies are usually similar in their mineral composition and have medium size. They are mainly composed of fluorite, baryte, quartz, calcite pyrite, galena and molybdenite. One can also distinguish sphalerite, marcasite, chalcopyrite, uraninite, bismuthinite, aikinite, pyrrhotite, scheelite, celestite, cassiterite (?), arsenopyrite (?), native gold (?), manganocalcite and gypsum as subordinate, rare and sporadic minerals. Three mineral parageneses are established: molybdenite-pyrite-quartz, quartz-baryte-fluorite and quartz-carbonite. They are comparatively equally distributed in the deposit. Fluorite and baryte are localized in the upper parts of the ore bodies while calcite — mainly in the lower parts. Sulphide mineralization is widely spread but its occurrence in the deposit is irregular. Quartz has a similar occurrence and its concentration and concentration of calcite is inversely proportional.

A specific feature of the deposit is the high concentration of SrO in the ores. This is due to the existence of a baryte variety — barytocelestite, partially to its isomorphic insertion in fluorite and calcite and to the existence of celestite. The increased content of rare earth elements in fluorite and calcite is much higher than concentrations of these elements in the same minerals from the other fluorite deposits in Bulgaria.

The mineralization of the Yugovo deposit is formed of hydrothermal solutions within the temperature interval 350-50°C and is paragenetically related to the Upper Cretaceous-Paleocene small bodies of the "Yugovo type" of granites and granodiorites. Its model age is 80-90 Ma.

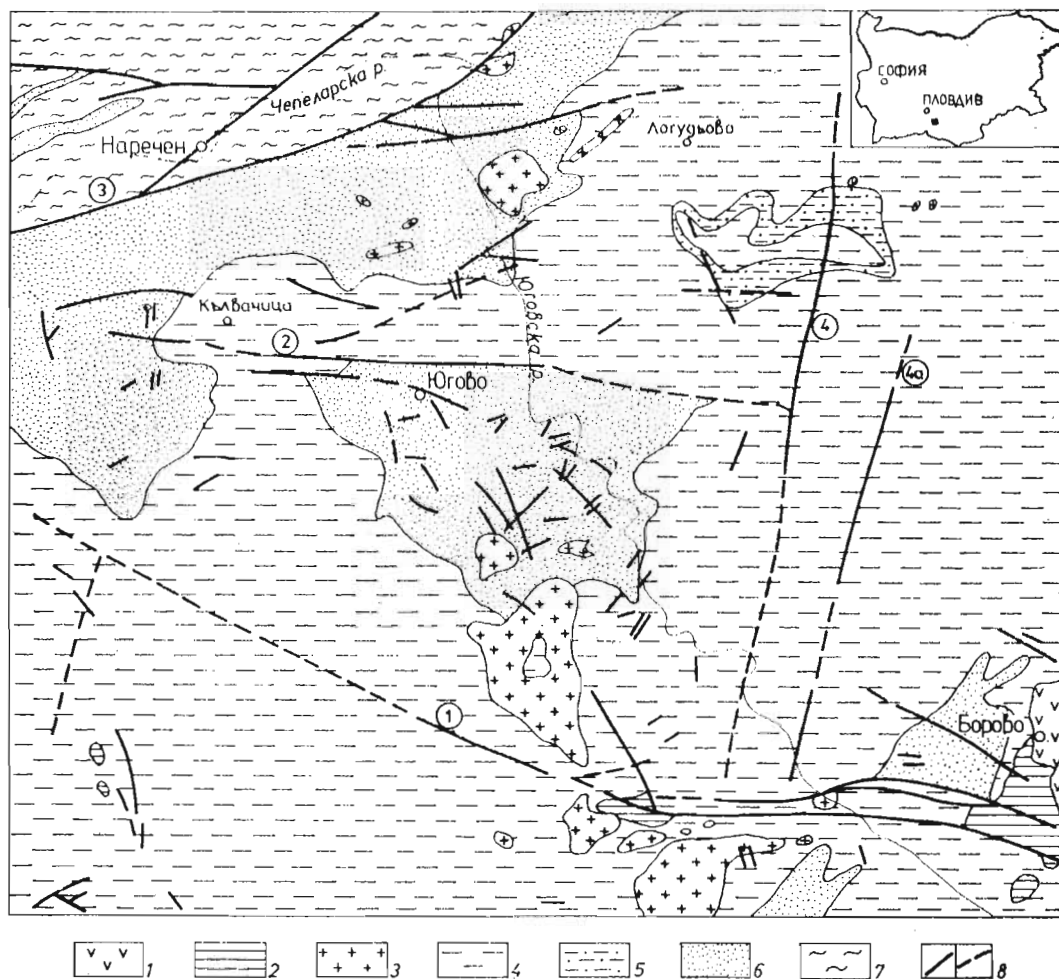
The Yugovo deposit is complex in composition and belongs to the separate sulphide-baryte-fluorite formation.

Увод

Находище Югово се намира в северните части на Централните Родопи, недалеч от едноименното село. В резултат на проведените геологопроучвателни работи в него са доказани извънбалансови запаси от флуоритова и баритова суровина и молибденови, оловни и стронциеви руди. Находището е известно отдавна, но за него фактически отсъства конкретна геоложка информация, изключая две работи, посветени на резултатите от минералтермометричните изследвания (Куликов, Стойнова, 1986; Кръстева, Тодоров, 1987). В настоящата статия се обобщават получените при детайлното проучване на находището резултати и проведените на един по-късен етап научни изследвания върху сульфидно-барит-флуоритовата минерализация в него.

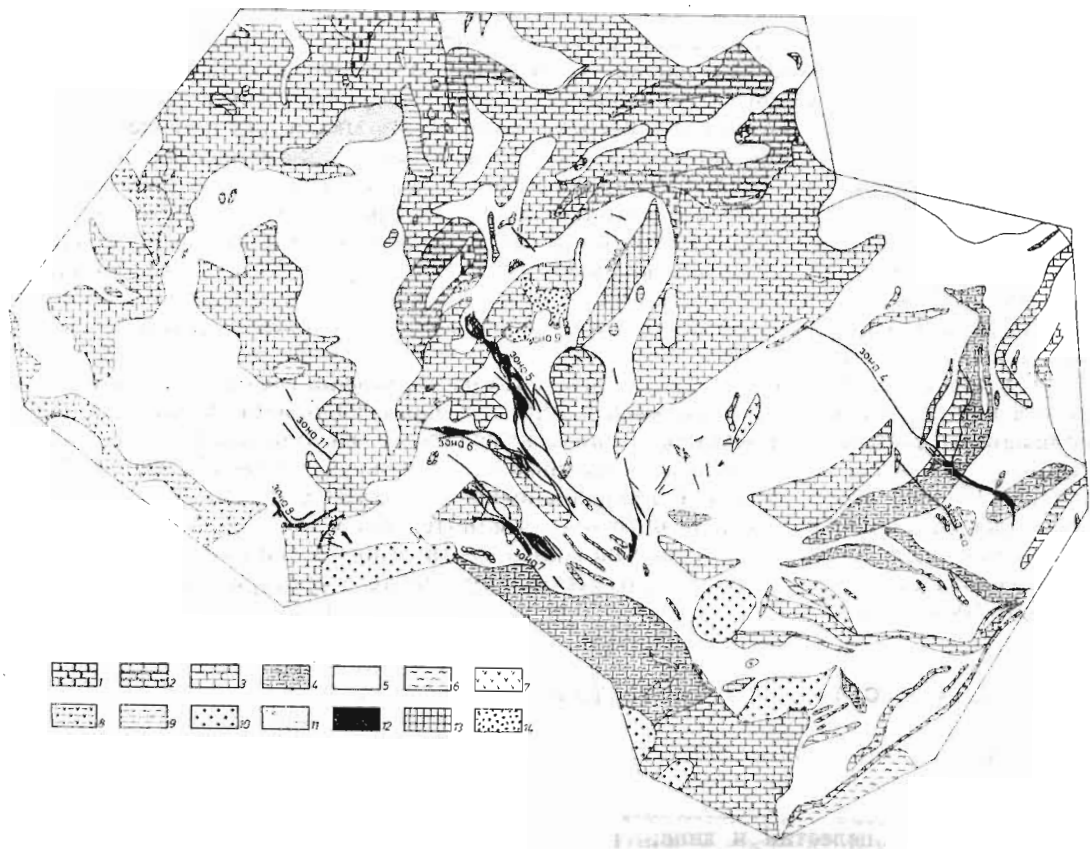
Геология на находището

Находище Югово е разположено северно от младоалпийските оловно-цинкови и полиметални орудявания в Лъкинското рудно поле. Рудните му тела са включени предимно сред метаморфитите на Луковишката алумосиликатна свита на Родопската надгрупа (по Кожухаров, 1984), представена по тези места от различни по вид гнайсошисти и шисти и мрамори, калкошисти и амфиболити. Извън района на находището широко



Фиг. 1. Схематична геоложка карта на Юговския район в М 1:50 000 (по Кожухаров и др., 1959 — непубликувани данни): 1 — тела от риолити (олигоцен); 2 — приабонски брекчоконгломерати и пясъчници; 3 — „юговски тип“ аплитойдни гранитоиди (креда-терциер); 4 — Добростанска свита от Родопската надгрупа; 5 — шисти в Добростанската свита; 6 — Луковишка свита от Родопската надгрупа; 7 — Бачковска свита от Родопската надгрупа; 8 — разломи: проследени и предполагаеми; Главни разломи: 1 — Брайковски; 2 — Юговски; 3 — Бачковски; 4 и 4а — Лъкински

Fig. 1. Schematic geological map of Yugovo region in scale 1:50000 (after Kozhuharov et al., 1959 — unpublished data): 1 — bodies of rhyolites (Oligocene); 2 — Priabonian brecciaconglomerates and sandstones; 3 — “Yugovo type” aplite granitoids (Cretaceous-Tertiary); 4 — Dobrostan formation of Rhodope subgroup; 5 — schists in Dobrostan formation; 6 — Lukovitsa formation of Rhodope subgroup; 7 — Bachkovo formation of Rhodope subgroup; 8 — faults: studed and supposed; Main faults: 1 — Brajkovitsa; 2 — Yugovo; 3 — Bachkovo; 4 and 4a — Laki



Фиг. 2. Геоложка карта на находище Югово в М 1:5000 (по Ангелова, 1970 — непубликувани данни): 1—8 — Луковишка свита: 1 — калкошисти; 2 — ивичести мрамори; 3 — мрамори, 4 — мрамори с прослойки от биотитови шисти; 5 — биотитови шисти; 6 — двуслюдени шисти; 7 — амфиболити; 8 — амфиболитови шисти; 9 — палеогенски мраморни брекчи; 10 — аплитонидни гранити и гранодиорити „юговски тип“; 11 — кватернер; 12 — рудни жили; 13 — рудно тяло 2; 14 — метасоматично тяло (зона 9)

Fig. 2. Geological map of Yugovo deposit in scale 1:5000 (after Angelova, 1970 — unpublished data): 1—8 — Lukovitsa Formation: 1 — calc-schists; 2 — striped marbles; 3 — marbles; 4 — marbles with thick bodies of biotite schists; 5 — biotite schists; 6 — biotite-muscovite schists; 7 — amphibolites; 8 — amphibole schists; 9 — Paleogene marmor breccia; 10 — apliteoid “Yugovo type” granite and granodiorite bodies; 11 — Quaternary; 12 — ore bodies; 13 — ore body No 2; 14 — metasomatic ore body No 9

разпространение имат мраморите (с тънки прослойки на места от шисти) на Добростанската свита, а в най-северната част на района — и лептитоидните гнайси на Бачковската свита (фиг. 1 и 2). В площта на находището, северно и особено южно от нея, се разкриват множество неголеми тела от аплитонидни гранитоиди с горнокредно-палеоценска възраст, известни като „юговски тип“ гранити и гранодиорити (Кожухарова, Кожухаров, 1962). По-слабо е разпространението на приабонските брекчоконгломерати, представени с няколко малки петна от мраморни брекчи и още по-малки тела от олигоценски риолити.

В тектонско отношение площта на находището се схваща като част от южното бедро на Севернородопската антиклинала (Кожухаров, 1965) с моноклинално западане на скалите на юг под ъгли от 5 до 45—60°. Наблюдават се няколко синклинални и антиклинални гънки от по-висок ред. Най-значителните по размери разломи са тези от Лъкинската система, Брайковският и Юговският, които най-често са безрудни и запълнени от силно брекчиран или стрит материал (фиг. 1).

Рудоносните разломи се отличават с по-малки размери и имат друга посока на разпространение (фиг. 1 и 2). В района на находището са известни над 25 жили с флуорит-

баритова и молибден-полиметална минерализация. Те имат субекваториално или екваториално разпространение и наклон от 50 до 80° на юг-югозапад (фиг. 2). Контактите им с вмествашите скали като правило са резки и добре изразени и само в мраморните прослойки променят своя характер, като образуват малки или по-големи метасоматични тела с пластообразна форма и субгоризонтално положение. Такъв характер например има зона 9 и няколко по-незначителни по размерите си тела около апофизи на зони 5 и 8. По-специфичен характер има и зона 2, която е със североизточна посока и представлява площно хидротермално изменени метаморфити с няколко по-маломерни кварц-карбонатни жили, съдържащи флуорит, барит и сулфиди.

Дължината на рудоносните разломи е от няколко десетки метри до 1100 m, а дебелината им варира от 0,30 до 2,0—4,0 и рядко повече m. Основен рудоносен разлом в находището е зона 5.

Орудяването в рудните зони е под формата на впръследи, гнезда, петна и само понякога във вид на по-компактни маси с целестин-барит-флуоритов и(или) молибден-полиметален състав. Орудени обикновено са не целите жилни зони, а само неголеми участъци от тях, характеризиращи се с максимална дължина до 100—120 m и дебелина до 1,5—2,0 m. Следва да се отбележи аналогичният характер на минералния състав на метасоматичните рудни тела с този на жилните зони.

Рудоносните зони в находището на много места са пресечени от следрудни разломи с посока север-северозапад. Те отместват орудените структури на разстояния от 4—5 до 10—15 m.

Минерален състав на рудните тела

В резултат на проведеното минераложко изследване в находището бяха установени следните първични (хидротермални) минерали: главни: флуорит, барит, калцит, кварц, пирит, галенит и молибденит; второстепенни: сфалерит, марказит, уранинит, манганокалцит, целестин и гипс; редки и спорадични: халкопирит, бисмутинит, айкинит, пиротин, шеелит, арсенопирит (?), каситерит (?) и самородно злато (?).

Структурно-текстурните изследвания показаха наличието на следните структури и текстури на рудите в находището:

— структури: алотриоморфнозърнеста (галенит, сфалерит, халкопирит), хипидиоморфнозърнеста (пирит, уранинит), корозионна (широко представена при повечето от минералите), емулсионна (халкопирит в сфалерит), катакластична (пирит), радиалнолъчеста (молибденит, марказит, калцит), люспеста (молибденит) и структура на пресичане;

— текстури: впръслечна (за сулфидите), петниста с разновидността ѝ гнездовидна (за сулфидите, флуорита, барита и др.), масивна (флуорит), брекчовидна, прожилкова (при повечето от основните минерали), кокардова (пирит около късове с барит-флуоритов състав), текстури на пресичане, клетъчна и землеста (последните две при минералите от окислителната зона).

Макроскопските и микроскопските наблюдения върху взаимоотношенията между минералите и минералните агрегати водят до извода за минералоотлагане в три стадия на минерализация: молибденит-пирит-кварцов, кварц-флуорит-баритов и кварц-карбонатен. Образуваните по време на тях парагенези са съставени от следните минерали:

— молибденит-пирит-кварцова минерална парагенеза: кварц, пирит, молибденит, уранинит, шеелит, пиротин, халкопирит, арсенопирит (?) и каситерит (?);

— кварц-барит-флуоритова минерална парагенеза: флуорит, барит, галенит, кварц, сфалерит, пирит, марказит, целестин; халкопирит, бисмутинит, айкинит и самородно злато (?);

— кварц-карбонатна минерална парагенеза: калцит, кварц (халцедон), барит, манганокалцит и гипс.

Трите парагенези имат приблизително еднакво разпространение в находището.

При окисляването на част от първичните минерали се развива окислителната зона, която е слабо представена в находището.

Флуорит. Среща се предимно под формата на средно- до едрозърнести агрегати, изграждащи по-малки или големи гнезда и натрупвания в жилите и метасоматичните тела. Кристалите му са редки, малки по размери и се срещат поединично или във вид на друзички сред зърнести маси от същия минерал. Имат кубичен хабитус.

Флуоритът е виолетов, светловиолетов, тъмновиолетов до черен или зелен до светлозелен, по-рядко безцветен. Преобладаващо разпространение имат виолетовите му разновидности. При нагриване всички цветни разновидности на минерала се обезцветяват и показват специфична по отношение на флуоритите от останалите български находища термолуминесценция (Стойнов и др., 1973).

Барит. Баритът е представен от две генерации, принадлежащи съответно на втората и третата минерална парагенеза. Баритът I генерация е розов, сивозелен и безцветен и едрокристален, а баритът II генерация — сивозелен, с единични кристали в празнини сред калцит. По-широко разпространение има баритът I генерация, срещаш се самостоятелно или в асоциация с флуорит, кварц, галенит и целестин.

Кварц. Кварцът има широко разпространение. Представен е от три генерации, принадлежащи към трите минерални парагенези. На цвят той е предимно бял и сивобял, по-рядко тъмносив и безцветен. Представен е от масивни агрегати, изграждащи основната част на жилите. Среща се и във вид на отделни неголеми кристалчета и друзи от тях (кварц I и II генерация). Кварцът III генерация е халцедон.

Калцит. Един от най-широко разпространените нерудни минерали в жилите и метасоматичните рудни тела. Среща се както във вид на на зърнести натрупвания, така и под формата на друзи от скаленоедрични кристали и конкреционни радиалнолъчести агрегати. На цвят е безцветен до кафяв, бледорозов, бял до млечнобял и безцветен. На места скаленоедричните му кристали са излужени. Размерите на отделни техни индивиди в друзите достигат до 15 cm. Бистрите безцветни калцитови кристали са разположени предимно в пукнатини и достигат в някои случаи до 5—6 cm.

Пирит. Представен е от две генерации. По-широко разпространена е първата му генерация, принадлежаща на молибденит-пирит-кварцовата парагенеза. Тя е представена от отделни идиоморфно- или хипидиоморфнозърнести индивиди с кубооктаедричен хабитус и размери до 5—10 mm или от различни по размерите си гнезда сред кварц I генерация. Пиритът II генерация образува самостоятелни дребнозърнести и радиалнолъчести агрегати. Той се отлага около късове с флуорит и барит, формирайки специфични агрегати с кокардова текстура. Пиритът II генерация е в парагенеза с марказит и образува псевдоморфози по него.

Галенит. Асоциира преди всичко със сфалерит и халкопирит. Под формата на впръследи, гнезда и дребни зърна той често се открива сред превишаващите го по количество кварц II генерация, флуорит и барит I генерация. Зърната му най-често са алотриоморфни, но са наблюдавани и отделни негови кристалчета с кубичен хабитус. В сравнение с останалите сулфиди в парагенезата на кварц-флуорит-баритовия стадий галенитът се отличава с най-широко разпространение в рудните тела.

Молибденит. Среща се в заландите на кварц-пиритовите жили или е включен заедно с кварц и пирит I генерация сред агрегатите на по-късната кварц-барит-флуоритова парагенеза. Наблюдавани са и единични люспички от него сред калцит, представляващи реликти след заместването на придружаващия ги кварц I генерация. Молибденитът изгражда люспести и радиалнолъчести агрегати, състоящи се от дребни по размерите си люспички.

Сфалерит. Среща се под формата на алотриоморфнозърнести агрегати в отделни неголеми гнезда и впръследи сред кварц II генерация, флуорит и барит I генерация. Представени са кафявите, тъмнокафявите и черните му разновидности, като интензивността на оцветяването им е в пряка зависимост от количеството на съдържащите се в тях емулсии от халкопирит или микровключения от пирит и галенит.

М а р к а з и т. Изгражда бъбрековидни агрегати с радиалнолъчест строеж, по периферията на които на места се открива пирит II генерация във вид на псевдоморфо-за по него. Двата минерала участвуват в изграждането на агрегатите с кокардова тек-стура.

У р а н и н и т. Представен е от отделни автоморфни зърна с размери до 0,10 mm, по-рядко като дребни впръследи. Принадлежи на молибденит-пирит-кварцовата пара-генеза. Доказан е по рентгенометричен път.

М а н г а н о к а л ц и т. Диагностиран е с помощта на химичен анализ (табл. 3). Среща се сравнително често в някои от жилите под формата на дребнозърнести розо-вооцветени агрегати, сечащи барит I генерация, флуорит, кварц II генерация и съпът-ствуващите ги сулфиди. Принадлежи на кварц-карбонатната парагенеза.

Ц е л е с т и н. Представен е от тънки прожилки със зърнест строеж и дебелина от 2 до 5 mm или под формата на отделни плочести сини кристалчета и по-рядко друзич-ки от тях в празнини сред барит I генерация или флуорит. Определен е по типичните му рефлeksi в рентгенограмите.

Г и п с. Установен е засега единствено в зона 5 под формата на безцветни кристали с плочест хабитус и стъклен блясък. Асоциира с кварц III генерация и калцит.

Х а л к о п и р и т. Образува заедно с пиротина капковидни микровключения в пирит I генерация (халкопирит I генерация) и неправилни по форма гнезда и впръследи сред кварца II генерация, флуорит и барит I генерация или емулсии в сфалерита (хал-копирит II генерация). По-широко представена е втората му генерация, но в сравнение с галенита и сфалерита тя е значително по-слабо разпространена.

Б и с м у т и н и т и а й к и н и т. Установяват се почти винаги заедно в асоциа-ция с халкопирит II генерация, галенит и отчасти сфалерит и самородно злато (?). Те образуват неиздържани прожилки и малки гнезда, понякога ламели сред посочените сулфиди. Доказани са по рентгенометричен път и с помощта на микросондов анализ (С т о й н о в а, Б е г и з о в, 1982).

П и р о т и н. Установява се под формата на много дребни заоблени (капковидни) микровключения сред пирит I генерация. Понякога с него асоциира и халкопирит I генерация.

Ш е е л и т. Доказан е оптично и рентгенометрично от С т о й н о в а и др. (1973 непубликувани данни). Среща се във вид на дребнозърнести агрегати с незначителни размери.

А р с е н о п и р и т (?) и к а с и т е р и т (?). Недостатъчно точно диагностирани минерали, срещащи се изключително рядко в жилите. Имат много дребни размери и принадлежат на молибденит-пирит-кварцовата парагенеза.

С а м о р о д н о з л а т о (?). Намерено е само в един образец от С т о й н о в а и др. (1973, непубликувани данни) под формата на пластинка с размери 0,01 mm. То асо-цира тясно с бисмутинит, айкинит и пирит II генерация.

Широко разпространение в повечето от жилите има серицитът. В някои жили установен също талк. И двата минерала са резултат от хидротермалната промяна н късовете от вместващи скали, включени в жилните зони. Серицитът е развит по фелдш патите от гнайсошистите и шистите на Луковишката свита, а талкът — по малките тел-ца от ултрабазити сред тази свита.

Геохимия на минералите

Съставът на главните и повечето от второстепенните минерали (основни компонент и елементи-примеси) бе определен с помощта на химичен, атомно-абсорбционен, неут-ронноактивационен, рентгенофлуоресцентен и полуколичествен и количествен спектра-лен анализ. С изключение на количествения спектрален анализ, който бе проведен в Братиславския университет от Я. Я р к о в с к и, всички останали анализи са извъ-шени в лабораториите на Геоложко предприятие за лабораторни изследвания.

Таблица I
 Съдържание на елементи-примеси в различно оценетен флуорит по данни от атомно-абсорбционен (AAA), полуколичествен спектрален (SQSA) и неутронноактивационен (NAA) анализ (g/t)

Table I
 Content of trace elements in different coloured fluorite by data of atomic absorption (AAA), semi-quantitative spectral (SQSA) and neutronactivation (NAA) analysis (in g/t)

Елементи	Вид на анализа	Зелен			Бледовиолетов				Виолетов					Тъмновиолетов		
		2	9	57a	367	6	361	4	57	354	366	373	364	369	372	
SiO	AAA	150	120	79	90	800	850	871	543							
Ba	SQSA	100	100	100	100	200	100	100	100					1400	941	
Be	SQSA	—	3	3	—	—	—	3	—				—	450	70	
Fe	SQSA	300	200	200	200	100	30	30	30				—	50	50	
Mn	SQSA	—	3	3	10	10	2	150	200				200	150	150	
Pb	SQSA	100	10	60	10	100	10	—	—				70	20	20	
Mo	SQSA	—	—	—	3	—	—	—	—				10	10	20	
Ti	SQSA	30	200	30	500	100	30	10	500				3	3	5	
Cu	SQSA	—	—	—	20	3	20	3	50				100	200	300	
Y	SQSA	20	10	60	20	20	10	500	500				50	20	30	
Yb	SQSA	2	—	3	2	—	—	3	3				500	500	500	
La	SQSA	30	60	—	30	30	60	30	30				3	3	3	
Ba	NAA	—	—	82	—	—	—	180	30				30	30	30	
Ce	NAA	—	—	37,4	—	—	—	47	—				450	—	70	
La	NAA	—	—	17,9	—	—	—	17	—				—	—	—	
Yb	NAA	—	—	4,1	—	—	—	4,6	—				—	—	—	
Lu	NAA	—	—	0,51	—	—	—	—	—				—	—	—	
Nd	NAA	—	—	—	—	—	—	8	—				—	—	—	
Tb	NAA	—	—	1,3	1,0	—	—	3,7	—				—	—	—	
Eu	NAA	—	—	1,2	—	—	—	4,12	—				2,7	2,9	2,9	
Sc	NAA	—	—	0,4	—	—	—	—	—				3,0	3,8	3,8	
Cs	NAA	—	—	0,1	—	—	—	—	—				—	—	—	
W	NAA	—	—	—	—	—	—	—	—				—	—	—	
Sb	NAA	—	—	—	—	—	—	—	1,4				—	—	—	
Sb	NAA	—	—	0,4	—	—	—	—	—				—	—	—	
As	NAA	—	—	2,2	—	—	—	—	—				—	—	—	
U	NAA	—	—	0,6	—	—	—	—	—				—	—	—	
Th	NAA	—	—	—	—	—	—	—	—				—	—	—	
	NAA	—	—	—	—	—	—	—	—				—	—	—	

В единични проби е установено Ag (проби 2, 9 и 6 — по 1 g/t). Обозначения: празните места в таблиците означават, че тези проби не са анализирани с използвания метод; "—" — елементът не се открива.

Таблица 2

Съдържание на редки земи и итрий във флуорита по данни от рентгенофлуоресцентен анализ (g/t)

Table 2

Content of rare earth elements and yttrium in fluorite by data X-ray fluorescent analysis (g/t)

Елементи	Зелен	Зелен	Бледовио- летов	Виолетов	Тъмновио- летов
	1	2	3	4	5
La	—	10,5	24	7	20
Ce	40	24	58	14,5	22
Pr	11,2	4,4	11	5	2,9
Nd	28	12,3	69	23	69
Sm	4,4	1,6	13	8,6	1,0
Eu	—	—	6	2,1	6
Gd	5,3	2,5	17,5	11	9,5
Tb	4,5	—	—	0,5	—
Dy	6,2	5,5	13	6,7	9,3
Ho	23	1,8	52	1,1	73
Er	3	0,6	3	2,1	3
Tu	8	—	5,5	—	5,5
Yb	10,5	0,5	16	1,9	20,5
Lu	—	—	—	0,5	—
Y	77	14	150	46	150
TR	144,1	63,7	288	84	247,7
TR+Y	221,1	77,7	338	130	397,7

Флуорит. От данните за съдържанието на елементите-примеси в минерала (табл. 1 и 2) се откроява повишеното съдържание на SrO. При това различно оцветените му разновидности се отличават по стойностите на посочения компонент: 79—150 g/t в зеления флуорит, 543—871 g/t в светловиолетовия и виолетовия флуорит и 941—1400 g/t в тъмновиолетовия до черен флуорит. Рязко повишено по отношение на флуоритите от останалите български находища е и съдържанието на редкоземните елементи в този минерал (Тодоров, Вардаджиев, 1973; Куликов, Стойнова, 1986). Характерно е още и това, че тъмновиолетовият и виолетовият флуорит са по-богати на U от зеления (табл. 1).

Барит. Резултатите от химичния и полуколичествения спектрален анализ на две проби от барит I генерация сочат следното (в % за окисите и g/t за елементите): BaO 62,30 и 57,00; SrO 2,20 и 5,50; CaO 0,25 и 0,50; SO₃ 34,55 и 34,62; FeO 0,02 и 0,04; Mn 200 и 300; Pb 300 и 300; Ti 100 и 100; La 300 и 300; Мо не и 3; Си не и 3. Посочените данни указват за рязко повишено съдържание на SrO в минерала. Тези резултати бяха потвърдени с атомно-абсорбционен анализ на нови пет проби от барит I генерация: 1,76%, 9,51%, 9,59%, 13,24% и 12,27%. Освен чист барит в находището следователно присъствува и баритоцелестин, при това в преобладаващо количество. Паралелното определяне на параметрите *a*, *b* и *c* на елементарната клетка на барита от анализираният с помощта на атомно-абсорбционния анализ баритови проби позволява да се говори и за добре изразена тенденция в понижаването на параметрите *a* и *c* с нарастването на съдържанието на SrO при константното положение на стойностите на параметъра *b*.

На три баритови проби от първата генерация бе направен и неутронноактивационен анализ за определяне на съдържанието на редки и редкоземни елементи. Резултатите от него са следните (g/t): Sm 0,1—0,7; Ce 84,8—112,5; Eu 2,34—3,47; La 268,9—316,8; U 5,3—6,5; Sb 0,9 (1 проба); Cs 0,2—0,8. Други редки и редкоземни елементи не се откриват. Получените данни сочат за рязко повишаване на концентрациите на La и Ce в изследваните проби.

Кварц. С помощта на полуколичествен спектрален анализ в по две проби от кварц I и II генерация съответно бяха установени следните елементи-примеси (в g/t): Cu 20

Таблица 3

Съдържание на основните компоненти (в %) и елементите-примеси (в g/t) в калцити по данни от химичен и полуколичествен спектрален анализ

Table 3

Content of main elements (in %) and trace elements (in g/t) in calcites by data of chemical and semi-quantitative spectral analysis

Проба №	Характерни белези	Химичен анализ							Полуколичествен спектрален анализ									
		CaO	MgO	MnO	FeO	SrO	CO ₂	Cu	Pb	Ni	Mo	Ag	Ti	Va	Y	Yb		
		55,19	0,36	0,51	0,06	43,36	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	бистри скаленоедрични кристали	55,70	0,30	0,25	0,10	43,39	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	бистър до слабо замътнен, зърнести агрегати	53,84	0,98	0,93	0,14	43,30	3	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	млечнобял, зърнести агрегати	53,96	1,18	0,55	0,23	43,40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	млечнобял, зърнести агрегати	54,63	0,30	0,48	1,58	43,13	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	кафяв, скаленоедрични кристали	55,62	0,36	—	—	43,39	3	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	бял, радиално-лъчест	55,20	0,50	0,31	0,30	43,30	10	300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33	млечнобял, зърнести агрегати	54,09	0,19	1,53	1,00	43,11	3	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23	манганохалцит, розов, зърнест	0,50	—	—	—	1,01	70	100	7	3	2	200	—	—	—	—	—	—
39	бледорозов, зърнести агрегати	0,30	—	—	—	0,71	30	100	7	1	—	200	—	—	—	—	—	—
48	бледорозов, зърнести агрегати	0,30	—	—	—	0,86	30	50	7	—	—	200	—	—	—	—	—	—
52	бледорозов, зърнести агрегати																	

В радиално-лъчест манганохалцит: проба № 33 — La — 200; Zr — 10; проба № 1, 3 и 19 — V — по 10; проби 3, 9 и 18 — Cr — по 3.

Таблица 4

Съдържание на елементите-примеси в сулфидните минерали по данни от полуколичествен спектрален анализ

Table 4

Content of trace elements in sulphide minerals by data of semi-quantitative spectral analysis

Елементи	Молибденит						Пирит I генерация	
	1	2	3	4	5	6	10	362
Ag	6	6	3	3	6	10	1	30
As	1000	600	—	—	—	—	—	—
Bi	300	300	500	500	500	1000	30	300
Cd	30	30	30	30	—	60	—	70
Co	10	10	20	20	10	10	100	—
Cu	300	300	400	400	200	600	3	>1000
Fe	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	x	x
Ga	—	—	—	—	—	—	—	—
Mn	600	600	3000	600	1000	2000	3	100
Mo	x	x	x	x	x	x	10	20
Ni	60	60	30	30	10	20	200	100
Pb	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	300	>1000
Sb	—	—	—	—	—	—	—	—
Sn	3	3	3	3	3	3	—	5
Te	—	—	—	—	—	10	—	—
Ti	1000	1000	1000	1000	2000	1000	30	—
Tl	—	—	—	—	—	—	—	—
V	30	60	—	—	—	—	—	—
Zn	2000	3000	100	300	300	300	60	1000
Zr	30	30	30	30	30	30	—	—

Обозначение: „x“ — основен компонент

и 20; Mn 200 и 150; Pb 30 и не; Zn 300 и не; Mo 1 и не; Ag 0,3 и 0,3; La не и 100; Ce не и 300; Ti 30 и 30; Al 500 и 700; Cr 100 и 150.

К а л ц и т. Химичният състав на различни по цвят и форма калцити е даден в табл. 3. Специфична тяхна особеност е повишеното съдържание на SrO, а в единични проби — и на MgO, FeO и MnO. От неутронноактивационния анализ на една проба от калцит са открити още (в g/t): Sm 72,5; Ce 1103, 6; Yb 19,2; Lu 2,62; Tb 11,9; Eu 16,58; La 544,3; Cr 14,5. Тези резултати са твърде показателни и сочат за повишени концентрации от рядкоземни елементи в калцита.

П и р и т. Съдържанието на елементите-примеси в двете пиритови генерации е показано в табл. 4 и 5. Данните от последните сочат за повишени съдържания на As, Sb и Co в пирит II генерация и на Ni в пирит I генерация. Останалите елементи-примеси общо имат неравномерно разпределение в двете генерации на минерала.

Г а л е н и т. Специфична особеност на юговските галенити са изключително високите концентрации на Ag и Bi и много ниските стойности на съдържанието на Sb в тях (табл. 4 и 5). Повишените съдържания на Cu и Zn очевидно са свързани с онечистване на пробите от халкопирит, сфалерит и айкинит, а присъствието на микровключенията от бисмутинит и айкинит в галенита обуславя много високото съдържание на Bi в него.

М о л и б д е н и т. Съдържанието на елементите-примеси в този минерал са приведени в табл. 4. Освен това по химичен път в две от изучените му проби бяха установени повишени концентрации от Re (147 и 197 g/t) (Т о д о р о в, С т а ј к о в, 1985).

С ф а л е р и т. Най-характерни от елементите-примеси в сфалерита са: Cd, Fe, Mn, Cu и Pb (табл. 4 и 5). Те са свързани с механично онечистване на пробите от галенит и халкопирит (последният образува емулсии в минерала), но Cd, Mn и част от Fe са изоморфно включени в решетката на минерала.

М а н г а н о к а л ц и т. Химичният състав на една проба от този минерал е пред-

Таблица 5

Съдържание на елементите-примеси в сулфидните минерали по данни от химичен (CA), неутронноактивен (NAA), атомно-абсорбиционен (AAA) и количествен спектрален (QSA) анализ в g/t

Table 5

Content of trace elements in sulphide minerals by data of chemical (CA), neutron activation (NAA), atomic absorption (AAA) and quantitative spectral analysis (in g/t)

Елементи	Пирит I генерация		Галенит			Сфалерит	
	CA	NAA	NAA	QSA	AAA	NAA	QSA
	239	250	170	200	210	240	241
Ag		8	0,736%	>0,10%	0,625%	51	93
As		58	—	—	—	—	—
Bi				>0,30%	2,50%		
Cd		74	21		79	0,20%	0,45%
Co	46	76	—		<1	28	98
Cu				910	0,14%		>0,30%
Fe				182	159	3,24%	>0,30%
Ga					5		—
Mn	100			—	1		>0,10%
Mo				12			<10
Ni	<50			—	<1		<3
Pb	0,62%						>0,10%
Sb		81	3	—	28	3	—
Sn							<10
Tl				—	21		—
Zn	0,70%	0,545%	—	—	8		—

Таблица 6

Съдържание на злато в основните рудобразуващи минерали по данни от неутронноактивационния анализ в (g/t)

Table 6

Content of gold in main ore-forming minerals by data of neutron activation analysis (in g/t)

Минерал	Брой на анализ. проби	От — до	Средно	Забележка
Флуорит	8	0,0007—0,0039	0,0020	за всички флуорити
	2	0,0015—0,0033	0,0024	за зелените флуорити
	6	0,0007—0,0039	0,0018	за виолетовите флуорити
Барит	5	0,0010—0,0052	0,0025	I генерация
Кварц	1	0,016		I генерация
	1	0,002		II генерация
Калцит	3	0,0100—0,0174	0,0138	светлорозов, зърнест
Гипс	1	0,0083		безцветен, плочест
Галенит	2	1,2530—2,4840	1,8690	зърнест
Сфалерит	1	0,022		кафяв, зърнест
Пирит	6	0,0100—0,0670	0,0302	I генерация
Пирит	2	0,2170—3,0330	1,625	II генерация

Основни компоненти и елементи-спътници в рудите

Рудите на находище Югово са комплексни по своя състав. Основните техни компоненти са CaF_2 , BaSO_4 , CaCO_3 , SiO_2 , SrO , Pb и Mo . В зависимост от съдържанията на CaF_2 , BaSO_4 и CaCO_3 рудите и рудните тела се разделят на: кварц-флуоритови ($\text{CaF}_2 > 25\%$, $\text{SiO}_2 \approx 55\%$ и $\text{CaCO}_3 < 5\%$), флуорит-карбонатни ($\text{CaF}_2 > 25\%$, $\text{CaCO}_3 > 30\%$ и $\text{BaSO}_4 < 20\%$) и флуорит-баритови ($\text{CaF}_2 > 30\%$, $\text{CaCO}_3 < 10\%$ и $\text{BaSO}_4 > 20\%$). Промислено интересните концентрации на SrO се свързват основно с флуорит-баритовия тип руди, но

Пирит I генерация				Пирит II генерация		Галенит			Сфалерит
362a	150	239	374	370	371	7	20	200	356
30	3	—	20	30	2	10	10	>10	>10
—	—	—	—	>1000	>1000	—	—	—	—
200	80	—	70	150	20	>1000	1000	>1000	5
—	—	70	—	—	—	30	300	80	1000
5	80	5	—	500	500	—	10	—	—
>1000	3	30	3000	200	70	200	1000	>1000	>1000
x	x	x	x	x	x	300	1000	100	>1000
7	10	—	—	—	—	—	—	—	10
200	30	50	200	200	200	20	следи	следи	2000
100	—	—	10	100	10	10	10	10	7
100	60	10	10	20	20	—	—	—	5
500	600	>1000	500	500	70	x	x	x	>1000
—	—	100	—	300	300	—	—	—	—
10	следи	—	7	7	7	30	30	30	5
—	—	—	—	—	—	10	—	—	—
500	60	—	—	—	—	100	500	сл. следи	1000
—	—	—	—	—	—	—	—	60	—
—	—	—	—	—	—	—	10	—	—
1000	100	>1000	1000	>1000	200	>1000	1000	1000	x
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

ставен в табл. 3. Полуколичествено спектрално освен това в нея са установени (в g/t): Pb 10; Cu 3; Ba 100; Y 30; Yb 3; Ag 0,3; Sn слаби следи.

Г и п с. В гипса (2 проби) бе установено присъствието на неголям брой и с невисоки съдържания елементи-примеси (в g/t): Mg 30; Cu 6—10; Ba 10; Sr 10; Mn 1; Mo 6 (полуколичествен спектрален анализ) и As 0,2; Sb 0,3; La 0,1 (неутронноактивационен анализ). Атомно-абсорбционното изследване на Sr в минерала също показва ниски стойности (под 50 g/t), макар че в други находища гипсът е един от минералите-концентратори и носители на Sr. В находище Югово обаче Sr образува свой минерал (целестин) или се концентрира във флуорита, барита и калцита.

С е р и ц и т и т а л к. С помощта на полуколичествен спектрален анализ в серицита и талка бе установено присъствието на следните елементи-примеси (в g/t): Be 10 и 30; Fe > 1000 и > 1000; Mn 30 и 1000; Pb 60 и 30; Ga 200 и 300; Zr 10 и не; Ni 10 и 10; Ti 600 и 600; Mo 1 и не; Cu 30 и 1; Zn 60 и не; Ag 1 и следи; Sn 3 и 800; Ba 10 000 и 1000; Sr 200 и 10; V 30 и 1000; Cr не и следи. Както се вижда, преобладаващи в спектъра и по съдържанието си са елементите от литофилната група.

Златоносност на рудите и основните рудообразуващи минерали

Съдържанието на злато в рудите от находището е много ниско. От анализиранияте по химичен път 12 групови проби от руди Au е установено в 11 от тях, като в 8 проби концентрацията му е на границата на чувствителността на анализа, а в три проби варира от 0,2 до 0,4 g/t. Ниско е и съдържанието на Ag в изучените проби — то се колебае от 1,4 до 8,8 g/t (средно 3,4 g/t).

За изясняване на златоносността на основните рудообразуващи минерали с помощта на неутронноактивационен анализ бе определено съдържанието на злато в по-голямата част от тях (табл. 6). От получените данни може да се направи изводът, че основните минерали-концентратори и носители на златото в находището са галенитът, пиритът I и II генерация и отчасти сфалеритът, калцитът и кварцът I генерация. В останалите минерали съдържанието на злато е, общо взето, ниско с околотларкови съдържания.

повишени негови съдържания се установяват и в кварц-флуоритовите и флуорит-карбонатните руди, тъй като и флуоритът, и калцитът, както видяхме, се характеризират с доста високи концентрации на този компонент. Останалите два компонента (Pb и Mo) имат повсеместно разпространение във всички рудни тела, но обикновено се характеризират с неравномерно разпределение в тях.

Съдържанията на посочените основни компоненти на рудите и рудните тела се изменят в много широки граници. За находището като цяло например съдържанието на CaF_2 варира между 11,2 и 55,4% (средно 28,7%). При BaSO_4 то се изменя от 2,5 до 33,0% (средно 10,6%), а при SrO — от 0,10 до 1,66% (средно 0,92%). Съдържанията на Pb и Mo също варират в широки граници: Pb — от 0,06 до 1,63% (средно 0,31%) и Mo — от 0,005 до 1,519% (средно 0,184%). Концентрациите на другите два основни компонента в жилите се намират в обратна зависимост помежду си — при нарастване на съдържанието на SiO_2 съдържанието на CaCO_3 намалява и обратно. Максималните съдържания на SiO_2 в рудните тела достигат 65% (средно 19%), а тези на CaCO_3 — до 75% (средно 39,5%). В рудите се съдържат и до 2,0% Fe_2O_3 и също толкова MgO (Ангелов и др., 1970, непубликувани данни).

Спектърът и съдържанието на елементите-спътници в рудите на находището са определени с помощта на полуколичествен спектрален анализ на 33 броя групови рудни проби. Конкретните данни за всеки от установените елементи-спътници са отразени в табл. 7. От нея се вижда, че по-голямата част от тях се откриват в единични проби (Nb, Sb, Sn, Tl и W) или се намират в състояние на разсейване в рудите, т. е. характеризират се с кларк на концентрация, по-нисък от единица (Be, Co, Cr, Ga, Ni, Sc, Ti, V и Zr). С близки до кларка съдържания се отличават Cu и Y, а малко по-високи

Таблица 7

Съдържание на елементите-спътници в рудите по данни от полуколичествен спектрален анализ (в g/t)

Table 7

Content of trace elements in ores by data of semi-quantitative spectral analysis (in g/t)

Елементи	Брой на анализ. проби	Открит в броя проби	От — до	Средно	Кларк на концентрация
As	33	15	100—1000	165	97
Be	33	15	1	<1	<1
Bi	33	33	3—100	30	333
Cd	33	5	10—100	5	38
Co	33	14	1—10	<1	<1
Cr	33	27	3—60	17	<1
Cu	33	33	1—300	60	1,7
Ga	33	26	3—30	4	<1
La	33	32	30—300	190	6,5
Mn	33	33	30—10000	3000	3,0
Nb	33	1	1		
Ni	33	33	1—50	7	<1
Sb	33	1	30		
Sc	33	10	1—3	<1	<1
Sn	33	2	3—10		
Ti	33	32	600—3000	700	<1
Tl	33	1	300		
V	33	26	3—100	9	<1
W	33	1	30		
Y	33	33	10—60	35	1,2
Yb	33	32	1—10	3	9,0
Zn	33	29	60—2000	400	5,0
Zr	33	11	3—10	2	<1

от него са съдържанията на Mn, Zn, La и Yb. Единствено Cd, As и особено Bi имат по-значително концентриране в рудните тела.

Намиращите се в състояние на концентрация в рудите елементи-спътници притежават собствени минерали в находището (Bi, As, Zn, Cu, Mn, Au) или се свързват с по-широкото участие на техни минералоносители в жилите (Y, La и Yb във флуорита, барита или калцита; Cd в сфалерита; Ag и вероятно част от Bi в галенита; част от As в пирита II генерация). Изцяло под формата на изоморфен примес в молибденита присъствува Re, съдържанието на който в рудите конкретно не е определяно.

Поради ниските си концентрации и недостатъчно високата чувствителност на използваните анализи в рудите не бяха констатирани U, Th, Cs, Ce, Lu, Nd, Tb, Eu и Sm. Те, както бе отбелязано по-горе, присъствуват като елементи-примеси във флуорита (табл. 1 и 2), барита и калцита (табл. 3).

Кратки сведения за генезиса на находището

Характерните особености на минералите и минералните парагенези, на техните взаимоотношения, проявата на серицитизация, окварцяване, каолинизация и карбонатизация като основни продукти на промяна на вместващите скали, форма на рудните тела и др. показват, че орудяването в находището е свързано с протичането на хидротермални разтвори по основните и някои второстепенни и малки рудоносни разломи. Минералоотлагането е протекло в три стадия на минерализация: молибденит-пирит-кварцов, кварц-барит-флуоритов и кварц-карбонатен. От минералтермометричните изследвания се установява, че процесът на рудообразуване е започнал при 350°C и е завършил към 50°C. Отлагането на отделните минерални парагенези обаче се е осъществявало в по-тесни температурни интервали: между 350 и 200°C за първата парагенеза, от 270 до 100°C за втората парагенеза и от 150 до 50°C за кварц-карбонатната парагенеза. Максималното отлагане на виолетовия флуорит е протекло при температури 240—200°C, а на зеления — между 180 и 130°C (Кръстева, Тодоров, 1987).

Повишеното съдържание на SrO във флуорита, барита и калцита от находището заедно с относително по-високата концентрация на редкоземните елементи във флуорита и калцита сочат за вероятна връзка на сулфидно-флуорит-баритовата минерализация като цяло с магматизъм, отличаващ се с повишена алкалност. Такъв геохимичен извод е направен вече в литературата за подобен тип минерализации (Якубович, Портнов, 1967; Гурова, 1971). Предполага се, че представители на такъв тип магматизъм в района на разглежданото находище са гранитоидните тела „юговски тип“, с които минерализацията е в непосредствена близост. За подобна връзка сочат и изотопните данни за оловото в галенита, които се отличават съществено от тези за младоалпийските оловно-цинкови и полиметални находища в Лъкинското и останалите рудни полета в Родопите. Моделната възраст за находище Югово по ураногенното и торигенното олово се изчислява съответно на 90 и 85 Ма (Амов и др., 1985). Стози тип гранитоидни тела в района на Наречен, Юговските ханчета и с. Борово има свързани и други хидротермални минерализации, в които по-широко проявен е първият стадий на минерализация от разглежданото находище и поради това орудяванията в тях са предимно с бисмут-волфрам-молибденов състав (Стойнова, 1965; Станева, 1977; Бресковска и др., 1986). Връзката на всички изброени минерализации с „юговския тип“ гранитоидни тела следва да се схваща като парагенетична.

Заклучение

В хидротермалното находище Югово са установени множество стръмнозападащи жили и по-рядко метасоматични тела с кварцов, кварц-карбонатен или карбонатен състав, носещи флуорит-баритова и (или) молибден-полиметална (а извън пределите му — и

молибден-волфрам-бисмутова) минерализация. Жилите и метасоматичните рудни тела имат обикновено средни размери и комплексен състав, като флуоритът и баритът се локализируют в горните им части, а калцитът — предимно в по-дълбоките участъци. Сулфидното орудяване е повсеместно разпространено и има неравномерно разпределение в находището. Подобно е и разпределението на кварца, като се отбелязва обратна зависимост между неговото съдържание и това на калцита. Все пак може да се твърди, че максималните концентрации на сулфидното орудяване са съсредоточени в съседство с „юговския тип“ гранитоидни тела.

Специфична особеност на находището е и повишеното съдържание на SrO в рудите му. Този елемент е резултат най-вече от широкото разпространение в находището на баритовата разновидност баритоцелестин и отчасти на изоморфното му включване във флуорита и калцита и на присъствието на целестин в рудните тела. Интересни (не само от геохимична гледна точка) са и концентрациите на редкоземни елементи във флуорита и особено в калцита. Установяването на бастнезит в минерализациите от находище Брайковица (М а р и н о в а, 1981) заедно с получените от нас данни показват, че не е изключено присъствието на някои минерали на редки земи и в находище Югово.

Характерните минералого-геохимични и структурно-металогенни особености на разглежданото находище дават основание образуването му да се свърже с проявите в края на горната креда и началото на палеогена в района му неголеми тела от гранитоиди с повишена алкалност. Тези данни се потвърждават и от изотопния състав на оловото в галенита. Всички получени данни не позволяват разглеждането на находище Югово като част от Лъкинското рудно поле, каквито указания има в нашата литература (С т о й н о в а, 1988).

Проведеното детайлно проучване в находището доведе до изчисляването на извънбалансови запаси от баритова и флуоритова суровина и руди на молибден, олово и стронций. В бъдеще е желателно провеждането на специализирани технологични изследвания за изясняване на технологичната схема за оползотворяване на тези комплексни по състава си суровини и руди. Възможно е и разширяване на запасите от флуоритова и баритова суровина в находището чрез допроучване на основната зона 5 и зони 8 и 11. По отношение на сулфидната минерализация интерес в това отношение представляват зони 6 и 7 в дълбочина. По-богати участъци с полиметално орудяване би могло да се очакват още в площта между находище Югово и с. Брайковица, а също така и в района на връх Градище и южно от връх Свети Димитър, където на повърхността се разкриват къси кварц-сулфидни жили със стари рупи.

В опита си да класифицира рудните и рудоносните формации в България В а с и л е в (1982) отнася находище Югово заедно с находищата от Устремското рудно поле и минерализациите в Барутин-Буйновския район към т. нар. от него „флуорит-барит-полиметална рудна формация“. Ще отбележим обаче, че новите данни по Устремските полиметални находища (Т о д о р о в, К р ъ с т е в а, 1990; Т о д о р о в и др., 1991) показват, че те се отличават съществено от току-що описаното находище и минерализациите в Барутин-Буйновския район. Поради това ще бъде правилно названието „флуорит-барит-полиметална рудна формация“ да се запази за Устремските находища, а находището Югово и рудопроявленията в Барутин-Буйновския район се обособяват в самостоятелна рудна формация. За разлика от Д и м и т р о в и др. (1984), които предлагат за нея наименованието „кварц-флуорит-сулфидна рудна формация“, ние смятаме, че по подходящо ще бъде тя да се назове „сулфидно-барит-флуоритова рудна формация“. Това название най-добре ще отрази специфичните минералого-геохимични особености и възрастта на минерализациите в разглежданото находище.

Литература

А м о в, Б., Ц. Б а л д ж и е в а, В. Б р е с к о в с к а, Р. Д и м и т р о в, Б. К о л ъ к о в с к и, Х. С т о й к о в, Т. Т о д о р о в. 1985. Изотопный состав свинца, вопросы генезиса и возраста месторождений Южной Болгарии. — *Геол. рудн. местор.*, 25, 3, 3—17.

- Бресковска, В., Н. Мозгова, Н. Бортников, Ю. Бородаев, И. Костов. 1986. Висмутовая минерализация в кварцевых жилах в Нареченски Бани (Центральные Родопы, Болгария). — В: *Кристаллохимия минералов*, С., БАН, 131—146.
- Гурова, Е. П. 1971. Об особенностях распределения стронция во флюоритах из некоторых проявлений Украины. — В: *Науч. тр. Всесоюз. инст. минерал. ресурсов*, вып. 4, 182—186.
- Кожухаров, Д. 1965. Структура на кристалина в Централните Родопи. — *Изв. НИГИ*, 2, 131—167.
- Кожухаров, Д. 1984. Литостратиграфия докембрийских метаморфических пород Родопской супергруппы в Центральных Родобах. — *Geologica Balc.*, 14, 1, 43—88.
- Кръстева, М., Т. Тодоров. 1987. Минералтермометрични изследвания в сулфидно-флуоритовото находище Югово, Централни Родопи. — *Геохим., минерал. и петрол.*, 23, 54—63.
- Куляков, И. В., М. Стойнова. 1986. Флуидни включения и редкоземни елементи във флуорита от находище Югово, Северни Родопи. — *Год. Висш. минно-геол. инст.*, 32, 2, 127—135.
- Маринова, Р. 1981. Бастнезит — нов минерал за България. — *Рудообразув. проц. и минерал. нах.*, 14/15, 132—136.
- Станева, М. 1977. Прояви на хидротермален адулар южно от Юговските ханчета, Централни Родопи. — *Рудодобив*, 5, 6—8.
- Стойнов, С., Т. Тодоров, М. Стойнова. 1973. Термолуминесценция на флуорити от някоя наши находища. — *Год. Висш. минно-геол. инст.*, 18, 2, 109—123.
- Стойнова, М. 1965. Минералогия на пневматолитно-хидротермалните жили по р. Белишка — Смолянски окръг. — *Год. Висш. минно-геол. инст.*, 10, 2, 79—87.
- Стойнова, М. 1988. Лъкинско рудно поле. — В: *Оловно-цинкови находища в България*. С., Техника, 79—87.
- Стойнова, М., В. Бегизов. 1982. О висмутовых минералах Лъкинского рудного поля (Северные Родопы). — *Изв. Висш. учеб. заведений, сер. Геол. и разв.*, 10, 69—74.
- Тодоров, Т., И. Вардаджиев. 1973. Геохимични изследвания във флуоритовите находища от Михалковското рудно поле. — *Изв. Геол. инст., сер. Рудни и нерудни пол. изкол.*, 22, 135—153.
- Тодоров, Т., В. Коларова, М. Кръстева, Ю. Христова. 1991. Съдържание и разпределение на елементите-примеси в оловно-цинковите находища от Устремското рудно поле — Сакар планина. — *Геохим., минерал. и петрол.*, 28, 73—88.
- Якубович, К., А. Портнов. 1967. Стронций как геохимический индикатор генетической связи минерализаций со щелочными породами. — *Докл. АН СССР*, 175, 1, 204—206.
- Тодогов, Т., М. Стајков. 1985. Rhenium content in molybdenite from ore mineralizations in Bulgaria. — *Geologica Balc.*, 5, 6, 45—58.

Постъпила на 27. II. 1991 г.)