

Околорудни изменения на скалите в меднопорфирното находище Медет, Централно Средногорие

Стойка Чипчакова

Chipchakova, S. 2002. Wall-rock alterations in the Medet porphyry-copper deposit, Central Srednogorie. - *Geochem. Mineral. Petrol.*, **39**, 67-74.

Abstract. The Medet porphyry copper deposit is situated in the Central Srednogorie area, which is part of the Late Cretaceous island-arc system. It is spatially and genetically related to the multi-stage Late Cretaceous magmatism. Two genetic types Mo-Cu mineralization are developed in the deposit. Predominant is the earlier porphyry copper stockwork mineralization. It is connected with quartz-monzodiorite porphyrites and mainly with their intensely fractured quartz-monzodiorite host rocks. K-Ar dating of the ore-bearing quartz-monzodiorites (90-88 Ma) and K-silicate type synmineralization alteration of the same rocks (88-87 Ma) reveals their similar age and shows that the porphyry mineralization is a product of a Turonian ore-magmatic stage. The wall-rock alteration is typical of porphyry-copper deposits, formed in hypabyssal levels. Three metasomatic zones are developed: outer, propylitic zone with paragenesis of epidote, chlorite, actinolite $\pm$ pyrite; middle, sericitic zone with paragenesis of quartz, sericite, pyrite (weakly developed in the upper part of the deposit), and inner, K-silicate zone, with paragenesis of K-feldspar, biotite, quartz, apatite, magnetite, pyrite, chalcopyrite $\pm$ molybdenite $\pm$ bornite. Two types hydrothermal biotite are developed in this zone: metasomatic and vein. The biotite of both types in contact with sulphides is not altered, which shows that the K-silicate alteration is in equilibrium with the main ore mineralization. The presence, although rare, and also of K-silicate alteration without ore minerals suggests the possibility for its pre-mineralization age. The vein Mo-Cu mineralization is more restricted. The ore veins, 2-3 cm wide, rarely up to 10 cm, comprise coarse-grained quartz, pyrite, chalcopyrite $\pm$ molybdenite $\pm$ hematite. The wall-rock alteration around veins is of propylitic type with epidote, chlorite, quartz, albite and sericite. These veins clearly cut the porphyry copper ore body. They also cut the granodiorite porphyrites (87-86 Ma) in the deposit which shows that the vein Mo-Cu mineralization is genetically connected with the next acid magmatic stage during Coniacian - Early Santonian.

Keywords: subduction setting, porphyry-copper mineralization, K-silicate alteration

Address: Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, 1113 Sofia, Bulgaria.

Въведение

Меднопорфирното находище Медет е пространствено и генетично свързано с многоетапния горнокреден магматизъм. То е локализирано в Централното Средногорие, което представлява част от къснокредната Средногорска островно-дъгова система (Boccaletti et al., 1974; Stanisheva-Vassileva, 1980; Dabovski et al., 1991).

Първата информация за околорудните изменения на скалите в находище Медет е дадена в работата на Ушев и др. (1962). Като предрудни процеси са описани калифелдшпатизация, биотитизация и актинолитизация, а като рудосъпровождащи - биотитизация, епидотизация, хлоритизация, окварцяване, серицитизация, зеолитизация,

карбонатизация и пренитизация. Поради ниското ниво на изученост на околорудните изменения тогава не е дадена по-точна и ясна интерпретация за мястото на отделните метасоматични процеси и връзката им с рудоотлагането във времето. По-късните изследвания на автора в открития рудник върху рудоотлагането, околорудните изменения на скалите и връзката им с развитието на къснокредния магматизъм показваха, че описаните по-горе околорудни изменения се отнасят за два генетични типа Мо-Си орудявания, образувани през два рудно-магматични етапа. Това е потвърдено и с К-Аг датиране (Лилов, Чипчакова, 1999).

На базата на първата информация за околорудните изменения на скалите в находище Медет (Ушев и др., 1962) Kanazirski (в: Popov et al., 2000) за първи път отделя предруден стадий, включващ К-силикатен тип изменение (калифелдшпатизация и биотитизация), кварц-магнетит-хематитова парагенеза и пропицитизация, а като синрудни - епидотизация, хлоритизация, биотитизация и серицитизация, характеризиращи пропицитов тип изменение.

Обща геоложка характеристика

Меднопорфирното находище Медет е първото открито у нас находище от този тип (Ушев и др., 1962). Според авторите, то е локализирано в апикалните части на едноименен хипоабисален наставен плутон, изграден от кварцгабродиоритова, кварцмонцитдиоритова и гранодиоритова наставка. Медетският плутон и свързаното с него меднопорфирно находище са били считани за палеоценски. По-късните изследвания (Чипчакова, Лилов, 1976) сочат, че кварцгабродиоритовата наставка има палеозойска възраст, а другите две са горнокредни. По-късно Лилов и Чипчакова (1999) показваха, че късно-кредният магматизъм и рудоотлагане имат многоетапно развитие (от ценоман до мастрихт). Медетският плутон е продукт на два от общо четирите горнокредни етапа: втори - андезитобазалт-

трахиандезитобазалтов (турон) и трети - дацит-риодацитов (кониас - ранен сантон). Поради хипоабисалното ниво на формиране на плутона, двете му наставки са представени от интрузивен фациес. Първата наставка е от нормални до субалкални кварцмонцитдиорити и кварцмонцитдиоритови порфирити, а втората - от нормални до субалкални гранодиорити, гранодиоритови порфирити и малко жилни левкограносиенити, аплит-пегматити и аплити. Те имат островодъгов характер, за което свидетелстват и следните геохимични характеристики на горнокредните магматити от района (Даиева, Чипчакова, 1997):

- съществено обогатяване на леките спрямо тежките редкоземни елементи (РЗЕ), за което най-голям принос има субдукционният компонент;

- линейната корелация между съдържанието на Се и Нf, показваща, че процесите на корова контаминация по отношение на РЗЕ са били твърде ограничени и разпределението на РЗЕ в магматитите отразява характера на родоначалната магма.

В находището са развити два генетични типа Мо-Си орудявания. Преобладава по-рано образуваното меднопорфирно орудяване, шокверков тип, последвано от жилно, също Мо-Си. Меднопорфирното орудяване е структурно и генетично свързано с втория, среднобазичен етап на магматизма (Лилов, Чипчакова, 1999). Орудяването е проявено след внедряването на кварцмонцитдиоритовите порфирити, като засяга в много по-голяма степен местностите ги, силно тектонизирани кварцмонцитдиорити от първия етап. Рудното тяло (площ 0,3 km²) е почти вертикално, има форма на пресечен конус, с елипсовидни основи, по-малката от които лежи в дълбочина. Височината на конуса е над 500 m. По данни на Страшимиров и Ковачев (1992), същото орудяване продължава на дълбочина 400 m в сондаж, прокаран от дъното на кариерата. Рудоотлагането е извършено както чрез запълване на отворени фини пукнатини, наследяващи протопукнатини в кварцмонцитдиорита

(Ушев и др., 1962), така и чрез метасоматично заместване главно на първичните мафити и акцесорния магнетит. Представено е от взаимно пресичащи се рудни прожилки с дебелина от 0,1 до 1 mm, рядко 5-12 mm, както и под формата на импрегнация и гнезда. Рудната минерализация е главно от пирит, халкопирит, малко молибденит, борнит, галенит и сфалерит (Ушев и др., 1962; Страшимиров, 1982). В находището зоните на окисление и на вторични сулфиди са слабо развити (Ушев и др., 1962; Богданов, 1987).

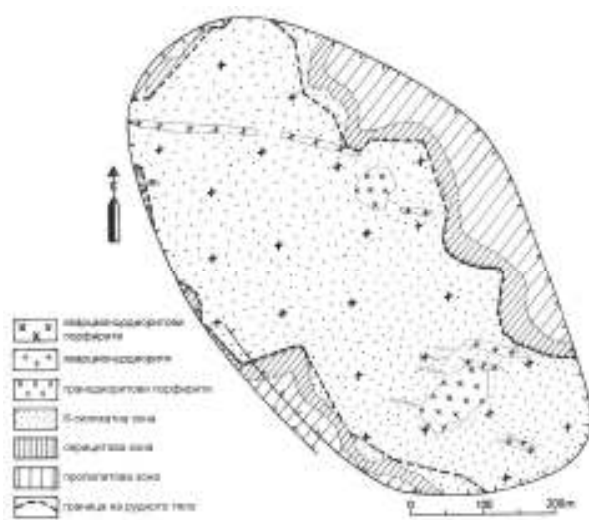
Жилното Мо-Си орудяване има по-ограничено разпространение. Най-добре е представено в югоизточната част на находището, където по-късни североизточни разломи са обусловили отлагането на тези рудни жили сред меднопорфирното рудно тяло. Налагането на жилите значително повишава съдържанието на Си - до повече от 0,60% и на Мо - до повече от 0,02%. Рудните жили са с дебелина 2-3 cm, порядко до 10 cm, и са изградени от едрокристален кварц, пирит, халкопирит $\pm$ молибденит $\pm$ хематит. Тези Мо-Си жили ясно разсичат меднопорфирното рудно

тяло. Фактът, че същите разсичат и гранодиоритови порфири с възраст 87-86 Ma показва, че жилното орудяване е пространствено и генетично свързано със следващия, кисел етап на магматизма, проявен през кониас - ранен сантон (Лилов, Чипчаква, 1999).

Околорудни изменения на скалите

1. Изменения, свързани с меднопорфирното орудяване

Околорудните изменения на скалите, свързани с меднопорфирното орудяване в находище Медет показват добре изявена концентрична метасоматична зоналност (фиг. 1). Отделят се: външна, предрудна пропилирова зона и две синрудни зони: междинна, серицитова зона и централна, калиевосиликатна. Границите между отделните зони са плавни, заливообразни, контролирани от степента на напуканост на рудовместващите кварцмонцодиорити. Химическият състав на непроменените магматити и на скалите от серицитовата и К-силикатната зона е даден в табл. 1.



Фиг. 1. Латерална метасоматична зоналност в карьерата на находище Медет на хор. 785 m
Fig. 1. Lateral metasomatic zonation in the quarry of the Medet deposit at the level of 785 m

Таблица 1. Химичен състав на кварцмонцодиорит и изменени скали от синрудните метасоматични зони на меднопорфирната минерализация
Table 1. Chemical composition of quartz-monzonodiorite and altered rocks from sin-ore metasomatic zones of the porphyry-copper mineralization

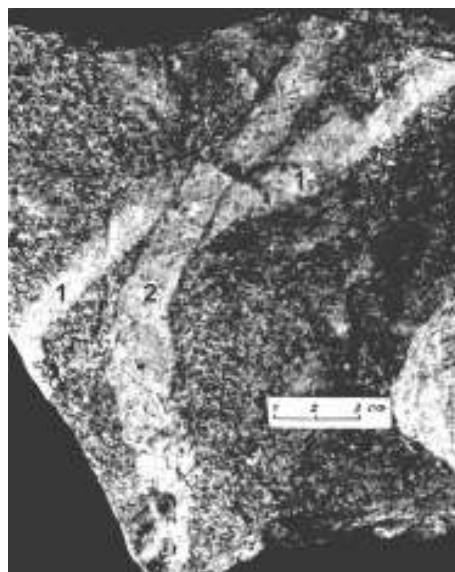
Образец	Кварцмон- цодиорит 32/14	Серицитова зона 5057	К-силикатна зона 5150
SiO ₂	60,68	42,38	54,73
TiO ₂	0,57	0,12	0,65
Al ₂ O ₃	15,90	16,07	17,61
Fe ₂ O ₃	2,86	1,03 _{tot}	7,90 _{tot}
FeO	3,31	n.d.	n.d.
MnO	0,15	n.d.	n.d.
MgO	2,62	2,11	3,91
CaO	5,00	0,20	2,31
Na ₂ O	3,66	2,22	2,92
K ₂ O	3,30	4,21	5,06
P ₂ O ₅	0,24	n.d.	n.d.
H ₂ O ⁺	0,31	2,48	2,52
H ₂ O ⁻	0,04	0,71	1,24
LOI	0,94	0,89	1,70
Σ	99,58	100,42	100,55

Анализи 5150 и 5057 са от слабо орудени зони
Analyses 5150 and 5057 are from the weakly mineralized zones

Пропилитова зона. Изгражда периферните части на хидротермално изменените скали в находището и контактира с външните части на междинната серицитова зона. Характерна за пропилитовата зона е минералната парагенеза епидот + хлорит + актинолит + албит + магнетит, рядко и пирит. Първичните мафити са изцяло псевдоморфозирани от епидот, хлорит, актинолит (главно по пироксена) и титанит. Рядко се срещат хлоритови и актинолитови прожилки. Плагноклазът е заместен главно от албит, придружен от променливи количества епидот и хлорит. В прехода на пропилитовата към серицитовата зона се появяват малко серицит ± кварц ± пирит (начален пропилит-серицитов тип изменение).

Серицитова зона. Разположена е между К-силикатната и пропилитовата зона. Мощността ѝ е малка и променлива - от 2-3 m до около 30 m (фиг. 1). Характеризира се

с минерална парагенеза кварц + серицит + пирит. В тази зона обикновено фелдшпатите са в различна степен заместени от кварц и серицит ± пирит, а първичните мафити (доколкото са запазени) и метасоматичният биотит - от серицит. Рядко, поради интензивно развитие на серицитизацията и окварцяването, е нарушена първичната структура на кварцмонцодиорита. В прехода към К-силикатната зона се появяват хлорит, серицит и пирит (преходен К-силикатен – серицитов тип изменение). В серицитовата зона има многобройни кварцови жили с малко сулфиди (пирит ± молибденит ± халкопирит), вероятно поради недостиг на сяра в хидротермалната система. Тези кварцови жили са сивобели, финозърнести до плътни, с дебелина 2-3 cm, на места разширени до 4-5 cm. Те са напукани, сегментирани, често с разместени сегменти. Разсечени са от аплитови жили (фиг. 2) от следващия магматичен етап, което потвърждава принадлежността им към меднопорфирното орудяване.



Фиг. 2. Аплитова жила (1) разсича почти стерилна кварцова жила (2) от серицитовата зона
Fig. 2. Aplitic vein (1) cutting a barren quartz vein (2) in the sericitic zone

К-силикатна зона. Заема централната, по-голяма част от рудното тяло и съвпада с най-силната напуканост на кварцмонцодиорита и най-богатото меднопорфирно орудяване. Характерна за тази зона е минералната парагенеза калифелдшпат + биотит + кварц + магнетит + апатит + пирит + халкопирит ± молибденит ± борнит. Тази парагенеза е устойчива във вертикален диапазон над 500 m. В зоната присъстват и реликти от първичен плагиоклаз.

Метасоматичният калиев фелдшпат замества първичния плагиоклаз, по-рядко е развит по микропукнатини в скалите като къси прожилки. По количество отстъпва на метасоматичния биотит. Под микроскопа е бистър, свеж, с неравни, често заливообразни контури, с размери 0,5-1 mm, рядко по-едри, включващи реликти от плагиоклаза. Метасоматичният калиев фелдшпат е ортоклаз (доказан с рентгенова дифрактограма от Л. Пунев), с температура на образуване 610-680°C (определена по хомогенизацията на газово-течни включения от М. Кръстева). Химическият му състав е представен в табл. 2. За разлика от нискотемпературния К-фелдшпат - адулар (Арnaudова, Арnaudов, 1995) метасоматичният ортоклаз от находище Медет е с повисоко натриево и съответно с по-ниско калиево съдържание. Това е характерно за високотемпературните, както магматични, така и метасоматични К-фелдшпати.

Хидротермалният биотит е два вида - метасоматичен и жилин, от които първият преобладава. Метасоматичният биотит под микроскопа е микролюспест (< 0,1 mm), свеж, с червеникаво-кафяв цвят. Обикновено замества изцяло първичните мафити (амфибол и пироксен), запазвайки на места идиоморфните им форми. Магматичният биотит последен от мафитите се замества от микролюспест биотит. В периферните части на К-силикатната зона първичният биотит е представен както от неизменени индивиди, така и от такива, заместени само по периферията от микролюспест биотит. Метасоматичният биотит е отложен още в прожилки и малки неправилни гнезда в

асоциация с микрозърнест магнетит и апатит.

Таблица 2. Химичен състав на хидротермални минерали от К-силикатната зона, тегл. %
Table 2. Chemical composition of hydrothermal minerals from the K-silicate zone, wt. %

Образец	Метасоматичен ортоклаз* 5013	Метасоматичен биотит* 5013	Жилин биотит** 5150
SiO ₂	64,60	35,23	37,84
TiO ₂	0,06	3,36	1,71
Al ₂ O ₃	18,00	17,70	15,69
Fe ₂ O ₃	0,74	5,16	4,04
FeO	0,00	12,76	9,98
MnO	n.d.	0,38	0,14
MgO	0,27	12,90	16,39
CaO	0,75	0,29	0,00
Na ₂ O	2,25	0,81	0,01
K ₂ O	12,78	8,10	9,81
P ₂ O ₅	0,03	0,05	n.d.
H ₂ O ⁺	0,47	2,71	4,75
H ₂ O ⁻	0,40	0,33	-
F	n.d.	0,80	-
Σ	100,35	100,58	99,99
Si	2,979	5,198	5,56
Ti	0,002	0,373	0,189
^{IV} Al	0,978	2,802	2,440
^{VI} Al	-	0,276	0,277
Fe ³⁺	0,026	0,573	0,447
Fe ²⁺	-	1,574	1,226
Mn	-	0,047	0,017
Mg	0,019	2,837	3,59
Ca	0,037	0,046	0
Na	0,201	0,232	0,003
K	0,752	1,525	1,839
An	3,7	X cat.	1,802
Ab	20,3	Y cat.	5,107
Or	75,9	Z cat.	8
		Mg #	0,643
			0,745

* - силикатен анализ; ** - микросондов анализ (Fe³⁺ е изчислено по съотношението Fe³⁺/Fe²⁺ в метасоматичния биотит)

* - wet analysis; ** - electron microprobe analysis (Fe³⁺ is calculated according to the Fe³⁺/Fe²⁺ ratio in the metasomatic biotite)

В силно биотитизираните скали на места се срещат участъци с вторично микроструктурна, хорнфелзоподобна структура. Метасоматичният биотит е развит по-слабо и по плагиоклаза. Жилният биотит под микроскопа е също микролюспест ($< 0,1 \text{ mm}$), но със зеленикавокафяв цвят, свеж. Изгражда самостоятелни прожилки или залбандите на почти мономинерални халкопиритови жилки с дебелина до 1 cm . Около такива жилки зеленокафявият биотит е представен от базални плочки ($< 0,1 \text{ mm}$), дифузно разсеяни в рудовместващата скала. И двата вида хидротермални биотити (табл. 2) са по-богати на магнезий от магматичния биотит като жилният биотит ($\text{Mg} \# 0,74$; $\text{K}_2\text{O} = 9,81\%$) е сравнително по-богат на магнезий и калий от метасоматичния ($\text{Mg} \# 0,64$; $\text{K}_2\text{O} = 8,10\%$). Jacobs & Parry (1976) също съобщават за метасоматичен и жилен биотит в меднопорфирното находище Санта Рита. Последният също е по-богат на магнезий от метасоматичния биотит.

Трябва да се подчертае, че в находище Медет метасоматичният и жилният биотит са съвсем свежи в непосредствен контакт със сулфидите. Този факт показва, че характерната за К-силикатната зона минерална асоциация, включваща и сулфидите, е равновесна и че К-силикатното изменение е синхронно на главната кварц + пирит + халкопирит $\pm$ молибденит рудна минерализация. Срещат се и кварц + магнетит + калиевофелдшпатови прожилки, с дебелина $1-2 \text{ mm}$, които също контактират със свеж метасоматичен биотит. Прожилките имат зонален строеж: в залбандите е отложен К-фелдшпат, а в централната част - кварц и магнетит.

В К-силикатната зона метасоматичният кварц е микрозърнест, изграждащ малки неправилни гнезда и къси прожилки. Освен кварц тук много рядко присъстват карбонат и анхидрит.

Наличието, макар и рядко на К-силикатно изменение без сулфиди, включващо асоциацията К-фелдшпат + кварц $\pm$ магнетит $\pm$ апатит, дава известно основание да се предположи, че в находище Медет

присъства и предрудно К-силикатно изменение, характерно за много меднопорфирни находища.

2. Изменения, свързани с жилното орудяване

Вторият тип орудяване е представено от рудни жили, изградени от едрозърнест кварц + пирит + халкопирит $\pm$ молибденит $\pm$ хематит $\pm$ магнетит. Отличават се със симетрично развити околожилни зони с последователно образуване на епидот, хлорит и албит $\pm$ серицит. Това определя пропилитов тип изменение. Същите са описани и в работата на Ушев и др. (1962), но са отнесени към меднопорфирното орудяване.

По състав на рудните жили и по характер на околорудните изменения жилното Мо-Си орудяване в находище Медет е аналогично на това в меднорудното находище Върли бряг, Бургаски руден район, в което обаче отсъства молибденит (Богданов, 1987).

Формирането на жилното орудяване в находище Медет завършва с калцит-зеолитова, рядко и пренитова жилна минерализация. Зеолитите (ломонтит, хейландит, стилбит) изграждат многобройни жилки с дебелина до 1 cm , които разсичат аплитови и Мо-Си рудни жили. Около зеолитовите жили плагиоклазът на вместващите скали е частично заместен от зеолити.

Калцитът изгражда самостоятелни или със зеолити жилки с дебелина $1-2 \text{ mm}$ до 1 cm . Рядко се среща и в централните части на рудни жили, но се наблюдава по-слабо и във вместващите ги скали.

Пренититът образува самостоятелни жилки с дебелина до $5-6 \text{ mm}$, пресичащи рудни жили. По-рядко той е отложен в тях или частично замества плагиоклаза на включващите го кварцмонцодиорити.

Генезис на меднопорфирното находище Медет

Орудяването на находище Медет е свързано с кварцмонцодиоритови порфирити, но е проявено много по-добре във вместващите

го силно напукани кварцмонцодиорити. Малката разлика между К-Аг датировки на рудовместващите кварцмонцодиорити (90-88 Ма) и на К-силикатно синрудно изменените скали (88-87 Ма) сочи, че Мо-Си порфирното орудяване е продукт на един рудно-магматичен етап с туронска възраст (Лилов, Чипчакова, 1999). Околорудните изменения са типични за меднопорфирни находища, формирани на хипоабисално ниво. Съгласно Roedder (1984), меднопорфирните находища са продукт на сложна рудно-магматична система, обхващаща вертикален диапазон от 2-7 km. За хипоабисално ниво на формиране на находище Медет се съди по следното:

- отсъствие на комагматични ефузивни скали;
- почти пълното отсъствие на анхидрит (установен само в една биотит-халкопиритова жила с 1 cm дебелина), който изобилства в субвулкански меднопорфирни находища;
- присъствието на актинолит в пропилировата зона;
- по-слабо развитие на серицитовата зона в горната част на находище Медет, в която хипогенни глинести минерали досега не са наблюдавани. Сулфидите са слабо представени (пирит $\pm$ халкопирит $\pm$ молибденит), вероятно поради недостиг на сяра в хидротермалната система;
- температурата на хомогенизация на флуидните включения в калиев фелдшпат от К-силикатно изменените скали е 610-680°C.

Предполагаема дълбочина на образуване на находище Медет е най-малко 2-2,5 km под палеоповърхността. Съгласно Мейер (1982) меднопорфирните находища могат да се образуват и на по-голяма дълбочина. Аналогични околорудни изменения и хипоабисално ниво на формиране има меднопорфирното находище Бингам в Юта (Bowman et al., 1987).

Хидротермалните рудоносни разтвори са високо- до среднотемпературни (Страшимиров, Ковачев, 1992), в преобладаващо магмена хидротермална система (Kanazirski в: Popov et al., 2000). За това говори и

наличието на високотемпературен К-фелдшпат. По данни на Beane (1992) минералната парагенеза К-фелдшпат + биотит + кварц + магнетит от сходно меднопорфирно находище (Санта Рита, Ню Мексико) е образувана от хиперсолени флуиди с 45 до 70 екв. % NaCl и температура на хомогенизация около 750°C.

Като начало за епитермалното развитие на хидротермалната система може да се приеме присъствието на сравнително слабо развита серицитова зона, образувана с участие на метеорни води (Каназирски и др., 2000). Вероятно недълбок ерозионен срез е лишил съвременното находище от характерните за епитермално развитие на погорни нива зони на умерена и интензивна аргилизация. По-вероятно е да не са били създадени условия за формирането им, поради по-дълбокото ниво, при което е образувано находището. За това напомня и много ниското съдържание на пирит в почти стерилни кварцови жили сред серицитовата зона (вероятен недостиг на сяра).

Благодарности. Изказвам най-сърдечната си благодарност на М. Каназирски за предоставената ми литература за актуализация на резултатите от изследванията ми по разглежданата тема и на Й. Янев за редакторската работа.

Литература

- Арнаудова, Р., В. Арнаудов. 1995. Адулар в различни генетични типове минерализации от България. - *Геохим., минерал. и петрол.*, **30**, 31-50.
- Богданов, Б. 1987. *Медните находища в България*. С., Техника, 388 с.
- Даиева, Л., С. Чипчакова. 1997. Геохимични особености на горнокредни магматити от Панагюрския вулcano-интрузивен район, Централно Средногорие. - *Геохим., минерал. и петрол.*, **32**, 85-99.
- Каназирски, М., М. Горова, И. Кералт. 2000. Метасоматични формации в горните части на меднопорфирното находище Асарел, Централно Средногорие. - *Геохим., минерал. и петрол.*, **37**, 65-76.
- Лилов, П., С. Чипчакова. 1999. К-Аг датиране на горнокредни магматити и хидротермални

- метасоматити в Панагюрския вулкано-интрузивен район на Централното Средногорие. - *Геохим., минерал. и петрол.*, **36**, 77-91.
- Мейер, Ч. 1982. Процессы рудообразования в геологической истории. - В: *Генезис рудных месторождений*. М., Мир, **1**, 13-71.
- Страшимиров, С. 1982. *Минерални асоциации, условия и развитие на рудообразователните процеси в находище Медет*. Автореф. дис., С., 31 с.
- Страшимиров, С., В. Ковачев. 1992. Температура на рудообразуване в медните находища от Средногорската зона по данни от изследване на флуидни включения в минералите. - *Сп. Бълг. геол. д-во*, **53**, 2, 1-12.
- Ушев, А., С. Чипчакова, К. Ангелков. 1962. Медетският плутон и свързаното с него медно месторождение Медет, Панагюрско. - В: *Приноси към геол. на България*, **1**, 69-148.
- Чипчакова, С., П. Лилов. 1976. Об абсолютном возрасте верхнемеловых магматитов западной части Центрального Средногорья и связанных с ними оруденений. - *Докл. БАН*, **29**, 1, 101-104.
- Beane, R. 1992. Magmatic and meteoric fluids in porphyry copper deposits. - *Rept. Geol. Surv. Japan*, **279**, 22-25.
- Boccaletti, M., P. Manetti, A. Peccerillo. 1974. Hypothesis on the plate tectonic evolution of the Carpatho-Balkan arcs. - *Earth Planet. Sci. Lett.*, **23**, 193-198.
- Bowman, J., T. Parry, W. Kropp, S. Kruer. 1987. Chemical and isotopic evolution of hydrothermal solutions at Bingham, Utah. - *Econ. Geol.*, **82**, 395-428.
- Dabovski, C., A. Harkovska, B. Kamenov, B. Mavrudchiev, G. Stanisheva-Vassileva, Y. Yanev. 1991. A geodynamic model of the Alpine magmatism in Bulgaria. - *Geol. Balcanica*, **21**, 4, 3-15.
- Jacobs, D., W. Parry. 1976. A comparison of the geochemistry of biotite from some basin and range stocks. - *Econ. Geol.*, **71**, 1029-1035.
- Popov, P., S. Strashimirov, M. Kanazirski. 2000. Assarel-Medet ore field. - In: *Geology and Metallogeny of the Panagyurishte Ore Region*. ABCD-GEODE 2000 Workshop, Borovets, Bulgaria. Guide to excursions A and C, 19-25.
- Roedder, E. 1984. *Fluid Inclusions*. Rev. Mineral., **12**, 646 p.
- Stanisheva-Vassileva, G. 1980. The Upper Cretaceous magmatism in Srednogorie zone, Bulgaria: A classification attempt and some implications. - *Geol. Balcanica*, **10**, 2, 15-36

Accepted December 28, 2002

Примета на 28. 12. 2002