

ГЛАВНИ ОСОБЕНОСТИ В ГЕОЛОГИЯТА И МЕТАЛОГЕНИЯТА НА ПАНАГЮРСКИЯ РУДЕН РАЙОН

Петко Попов ⁽¹⁾, Страшимир Страшимиров ⁽¹⁾, Камен Попов ⁽¹⁾,
Румен Петрунов ⁽²⁾, Милко Каназирски ⁽²⁾, Димитър Цонев ⁽³⁾

(1) Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", София, 1700

(2) Геологически институт на БАН, София, 1113

(3) Софийски университет "Св. Климент Охридски, София, 1000

РЕЗЮМЕ

Панагюрският руден район е разположен в Централна Средна гора и отчасти в Стара планина. Той представлява елемент от горнокредния Апусени-Банат-Тимок-Средногорски магматичен и металожен пояс. Възникването на този руден район се определя от развитието на интензивна горнокредна вулканска и интрузивна дейност. Магмените скали принадлежат към две петрохимични серии: калциево-алкална и субалкална. Магмогенерирането е осъществено в обогатената горна мантия с вариращо участие на коров компонент. Установено е развитието на добре индивидуализираните Елашко-Челопешки, Красен-Петеловски, Вранкамиски, Асарел-Медетски, Свобода-Овчихълмски, Елшишки и Песовецки вулкано-интрузивни комплекси. Магматичната дейност се реализира в интервала кониас-сантон, при отчетлива миграция от север към юг. Разграничени са Елашко-Челопешко, Красен-Петеловско, Асарел-Медетско, Радкинско и Елшишко рудни полета. Металоженната характеристика на района се определя главно от развитието на редица Cu, Cu-Mo и Cu-Au порфирни находища, които асоциират с високо до средносулфидни, епи- до мезотермални масивносулфидни Cu-Au, Cu-Py-Au и Cu-Py находища. В периферията на рудните полета са развити средно до нискосулфидни Cu, Pb-Zn-(± Au), Cu-Pb-Zn-(± Au), Au и Ba находища, свързани със структури на крехко разпояване. Освен това са установени привързани към вулканогенно-седиментните скали манганови рудопроявления от типа "силифицирана умбра".

ВЪВЕДЕНИЕ

Панагюрският руден район е разположен на 55-95 km източно от гр. София. Неговата територия обхваща части от Централното Средногорие и Стара планина между градовете Пазарджик и Етрополе с обща площ от около 1500 km². Неговото геолошко положение се определя от ареала на развитие на интензивна горнокредна магмена дейност и на свързаните с нея минерални находища. [Георгиев, 1939; Константинов, 1952; Dimitrov, 1960; Богданов, 1987; Popov & Popov, 1997].

Панагюрският руден район представлява елемент от Апусени-Банат-Тимок-Средногорския магматичен и металожен пояс, както беше дефиниран в последно време [Popov *et al.*, 2000]. Досега той е разглеждан от различните автори като Банат-Средногорска зона, Банатитов пояс или част от Карпато-Балканидите. Този пояс се формира в резултат на екстензионни процеси в причинно-следствена връзка с проявата на постсубдукционен и интраколизонен мантиен диапиризм в зоната на трансформация на субдукцираните фрагменти от океанска кора. [Popov, 1981, 1987, 1996; Berza *et al.*, 1998].

В Панагюрския район са установени над 150 рудни находища, рудопроявления и минерални индикации. Той се характеризира с развитието главно на меднопорфирни и масивносулфидни медни находища. Срещат се и малки златорудни, злато-полиметални, баритови, оловно-цинкови и манганови находища и рудопроявления. За периода от 1942 до 1995 г. в района са добити 489 555 400 t руда и съответно 3 946 092 t мед (в рудата),

665 185 t сяр (в пиритен концентрат), 46 507 kg злато (в рудата), около 13 000 t Mo (в рудата) и около 195 900 t барит. Понастоящем минен добив се осъществява в находищата Елаците, Асарел и Челопеч.

ГЕОЛОГИЯ

Основните особености в геоложкия строеж на Панагюрския руден район, които контролират развитието на металоженните процеси в пространството и времето, се определят от характера и еволюцията на горнокредните магмени комплекси. Ефузивните скали, които са обединени в Панагюрската вулканогенно-седиментна група (Popov, 2001a), залягат върху туронски отложения, а в най-южната част на района – върху скалите от домезозойския фундамент. Същевременно те са покрити от поствулкански горносантонско-мастрихтски карбонатни и флишки седименти.

Петрохимичните данни показват, че горнокредните магмени скали принадлежат към две петрохимични серии: калциево-алкална и субалкална [Popov, 1981; Popov & Popov, 1997]. Калциево-алкалните скали имат преобладаващо развитие. Вулканските скали са предимно с андезитов и в по-малка степен дацитов състав, а хипоабисалните и субвулканско-хипоабисалните разнородности са представени главно от гранодиорити или гранодиоритови порфирити. Калциевоалкалните скали са от висококалий тип (Ignatovski & Bayraktarov, 1996), като в някои комплекси съдържанието на алкални окиси е повишено, с което те показват преход към субалкалните.

Субалкалните скали са представени главно от латити и трахиандезитобазалти, по-рядко от трахибазалти, трахириолити и трахити. Различният петрохимичен тип на скалите налага извода, че магмогенерирането се осъществява в различни дълбочини. В последно време за някои представители на калциевоалкалната серия е определено отношението $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. За ефузивните скали от Челопешкия вулкан това отношение е между 0.7049 и 0.7054 (Stoykov *et al.*, 2003), за интрузивните скали при Елаците – между 0.70492 и 0.70571 (Von Quadt *et al.*, 2002) и за интрузивните скали при Елшица – между 0.70514 и 0.70583 (Peytcheva *et al.*, 2003). Тези данни указват, че магмогенерирането е осъществено в обогатената горна мантия с вариращо участие на коров компонент. Може да се предположи, че субалкалните магми са изцяло продукт на горната мантия.

Специализираните структурно-вулканоложки изследвания в Панагюрския руден район показват, че вулканизмът е преобладаващо от централен тип. Установени са Елшишкия (Богданов *и др.* 1970, 1974), Челопешкия (Попов и Мутафчиев, 1980; Попов *и др.* 1983), Асарелския (Angelkov & Parvanov, 1980; Попов и Петков, 1994; Popov *et al.*, 1996), Песовецкия (Богданов *и др.* 1974), Овчихълмския и Свободинския (Popov & Popov, 1997, 2000), Вранкамикския (Ignatovski & Bayraktarov, 1996), както и Тангурския, Петеловския и Смилецкия (Popov & Popov, 1997, 2000) вулкани. Малко по-различни интерпретации за някои части от района предлагат Славов *и др.* (1978), Ангелков и Стайков (1980) и Ignatovski & Bayraktarov (1996), които не се потвърждават.

На базата на извършените изследвания и анализа на съществуващите данни следва извода, че в резултат на горнокредната магмена дейност, на територията на Панагюрския руден район възниква една съвкупност от добре индивидуализирани вулcano-интрузивни комплекси (Popov & Popov, 1997, 2000). Понастоящем са установени Елашко-Челопешкия, Красен-Петеловския, Вранкамикския, Асарел-Медетския, Свобода-Овчихълмския, Елшишкия и Песовецкия вулcano-интрузивни комплекси (фиг. 1). Тези магмени комплекси са съставени както от акумулативните вулкански постройки, образувани при ефузивните процеси, така и от асоцииращите коагматични субвулкански до хипоабисални интрузивни тела и дайки. Интрузивите пресичат както ефузивните скали, така и скалите от фундамента. Доколкото в някои комплекси на съвременната повърхност интрузивите са представени само от субвулкански тела, те могат да се определят като вулcano-субвулкански. Акумулативните части на описваните комплекси обикновено се характеризират като добре индивидуализирани стратовулкани от централен тип, често удължени по посока на магмопроводящите разломи. В някои случаи са развити близко разположени и практически едновременно формирани вулкани, които образуват сложни акумулативни структури от типа на вулcanoгенните брахиантиклинали. Не се изключва наличието на други по-малки самостоятелни или сателитни вулкани. Разграничаването на отделните вулкани се основава на пространственото развитие на магмените скали от различни фазиеси, пространствените взаимоотношения на ефузивните скали със седиментните

и вулcanoгенно-седиментните наслаги, положението им в горнокредния разрез и не на последно място на особеностите в петрографския и химичния състав на изграждащите ги скали.

Характерна особеност в еволюцията както на отделните магмени комплекси, така и на цялата вулканска дейност, е интензивното вулcano-тектонско разломяване. Този процес се проявява през целия период на магмена активност, но е най-ефективен след приключване на ефузивната дейност в определен магмен комплекс и преди внедряването на субвулканските интрузиви. Това разломяване обуславя блоковото разчленяване на вулcanoгенните структури и довеждането на едно хипсометрично ниво на скалите, образувани в различни дълбочинни условия. В резултат, ефузивните скали, които са продукти на по-късно действащи вулкани залягат върху различни нива на по-старите ефузивни задруги. Тези интрасенонски разломни движения се демонстрират и от обстоятелството, че горносенонските поствулкански наслаги залягат върху еродирани в различна степен вулкански структури, образувани през различните стадии.

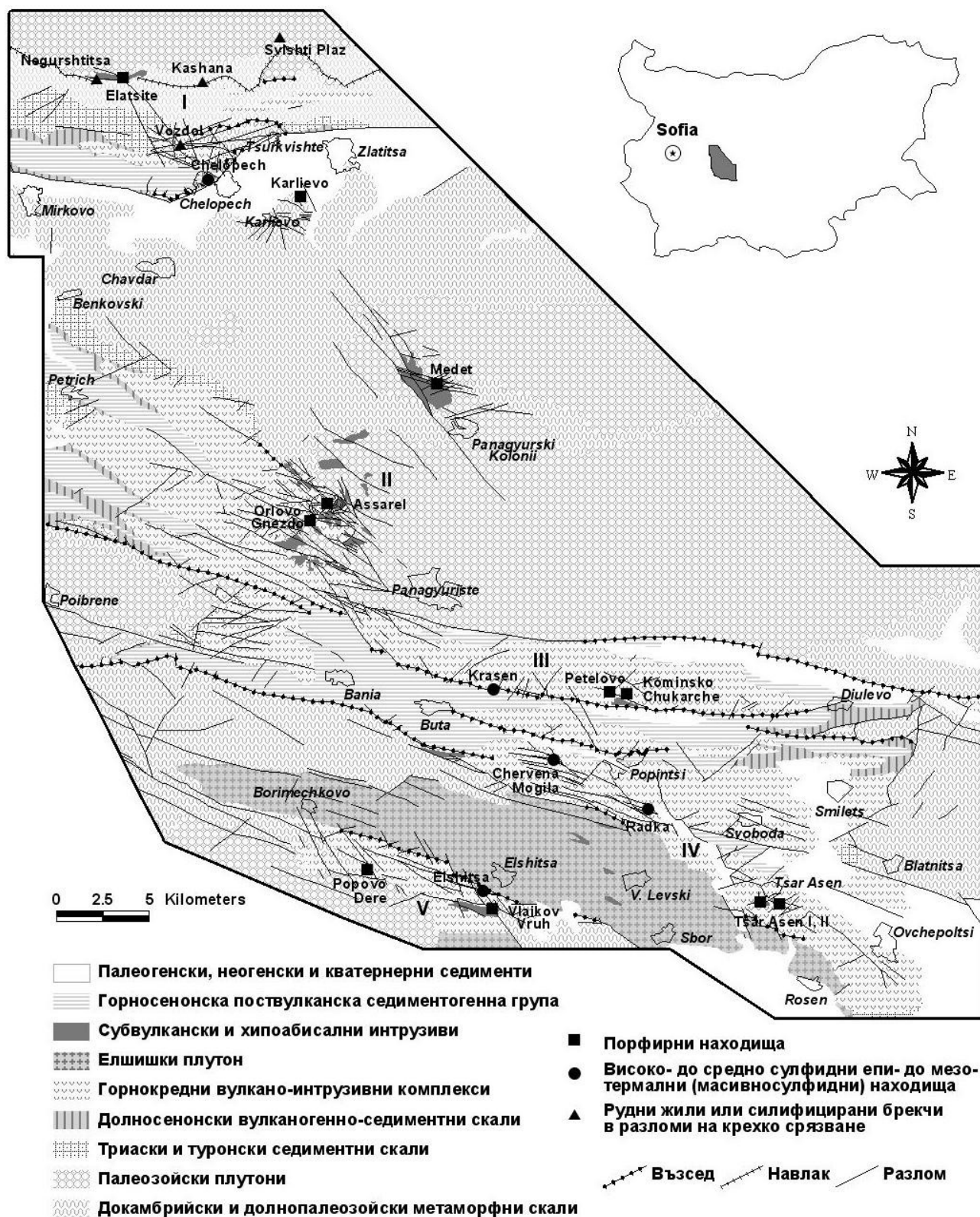
Интрузивните тела, като правило, са представени от две последователно формирани групи: субвулкански и субвулканско-хипоабисални до хипоабисални. Най-често те са внедрени след вулcano-тектонското разломяване и блоково разчленяване на вулканските конуси. Изключение прави Елшишкия плутон, който е формиран след ефузивната дейност, но преди вулcano-тектонското разломяване. Освен това в Елашко-Челопешкия комплекс се разграничават ранни малки интрузивни тела, образувани преди ефузивната дейност.

Образуването на разглежданите вулcano-плутонични комплекси може да се раздели на четири стадия (Popov & Popov, 1997, 2000; Popov, 2001a). При това отчетливо се установява миграция на магмената активност от север към юг.

През първия стадий, в най-северните части на района, се образува Елашко-Челопешкия вулcano-интрузивен комплекс. Приблизително по същото време между гр. Панагюрище и селата Смилец и Овчеполци се обособява Красен-Петеловския вулcano-интрузивен комплекс, съставен от няколко зацепващи се вулкана - Петеловски, Тангурски, Смилецки. Северозападно от гр. Панагюрище през същия стадий е образуван Вранкамикския вулcano-интрузивен комплекс.

Като втори стадий може да се отдели образуването на Асарел-Медетския вулcano-интрузивен комплекс, който поне частично заляга върху скалите на Вранкамикския и Красен-Петеловския вулкани. Също към втория стадий следва да се отнесе формирането на Овчихълмския и Свободинския вулкани, които залягат върху скалите на Петеловския и Смилецкия вулкани.

Третият стадий се бележи от образуването на Елшишкия вулcano-интрузивен комплекс, който включва Елшишкия вулкан, Елшишкия плутон и многобройни субвулкански тела. На север той заляга върху Овчихълмския вулкан, а на юг - върху скалите на фундамента.



Фигура 1. Геоложка карта на Панагюрския руден район (по К. Попов)
 Рудни полета: I - Елашко-Челопешко; II - Асарел-Медетско; III Красен-Петеловско; IV Радкинско; V – Елшишко

Към четвъртия стадий се отнася образуването на Песовецкия вулкан. В различните участъци той заляга върху различни нива на Красен-Петеловския Свободинския и Елшишкия комплекси.

Палеонтологичните данни достатъчно обосновано указват, че магмената дейност се осъществява почти

изцяло през кониаса и сантона (т.е. 88-83 Ma). Това се потвърждава и от отбелязаното обстоятелство, че ефузивните скали залягат върху туронски и са покрити от горносантонско-мастрихтски седименти (Връблянски и др., 1961; Карагюлева и др., 1974; Моев и Антонов, 1978; Димитрова и др., 1984; Желев и др. 1999). В последно време бяха направени някои определения на абсо-

лутната възраст на магмените скали. По $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ метод възрастта на Елашкия интрузив е определена на $91.72 \pm 0.70 - 90.78 \pm 0.44$ Ma, на Воздолския нек (северно от Челепеч) – 89.95 ± 0.45 Ma, на Медетския интрузив – 85.70 ± 0.35 Ma и на андезитите от вр. Св. Никола (южно от Панагюрище) – 80.21 ± 0.45 Ma (Hander *et al.*, 2002). Същевременно по $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ цирконов метод възрастта на интрузивните скали при Елаците е определена на $92.1 \pm 0.3 - 91.84 \pm 0.31$ Ma (Von Quadt, 2002), на Елшишкия гранит – 86.62 ± 0.02 Ma и на Елшишките субвулкански дацити – 86.11 ± 0.23 Ma (Peycheva *et al.*, 2003). Очевидно данните за абсолютна възраст показват повишени стойности в сравнение с палеонтологите, но потвърждават миграцията на магмената активност от север към юг.

МЕТАЛОГЕНИЯ

Елашко-Челопешкото рудно поле е разположено в най-северните части на района, в пределите на едноименния вулcano-плутоничен комплекс. То е съставено от ранни малки интрузиви, Челопешкия вулкан (вкл. Воздолски моновулкан) и късни малки интрузиви. В него са включени рудните находища Елаците, Челопеч, Негърщица, Кашана, Долна Каменица, Воздол, Карлиево, а вероятно и Свищи плаз.

Северозападно от гр. Панагюрище, в ареала на Асарел-Медетския вулcano-интрузивен комплекс е формирано Асарел-Медетското рудно поле. То е изградено от Асарелския вулкан, Медетския, Асарелския, Лиса Могилския и редица по-малки интрузиви. В него са развити рудните находища Медет, Асарел, Орлово гнездо и редица рудопроявления.

Красен-Петеловското рудно поле е разположено югоизточно от гр. Панагюрище, в централните части на едноименния вулcano-плутоничен комплекс. То е съставено от Петеловския и Тангурския вулкани и Петеловския интрузив. В него са включени рудните находища Красен, Петелово и Коминско чукарче.

В най-южната част на района, в северните части на Елшишкия вулcano-интрузивен комплекс се обособява Радкинското, а в по южните – Елшишкото рудно поле. Тяхното пространствено развитие се контролира от два снопа от линейни субвулкански тела, разсичащи съответно южния и северния склон на Елшишкия стратовулкан. В Радкинското рудно поле са формирани рудните находища Радка, Цар Асен и Червена могила, а в Елшишкото – Елшица, Влайков връх и Попово дере.

Меднопорфирни руди са установени в находищата Медет, Асарел, Елаците, Влайков връх, Цар Асен, в извънбалансовите находища Орлово гнездо, Карлиево, Попово дере, Коминско чукарче, Петелово и в редица рудопроявления. Пространственото положение на меднопорфирните находища се контролира от къснокредните хипоабисални до субвулканско-хипоабисални порфирни интрузиви или дайкови снопове. Обикновено те са членове на отделните вулcano-плутонични комплекси. В

едни случаи те са внедрени в централните части на вулканските апарати, а в други – в скалите от фундамента. Рудните тела са представени от стълбовидни или конусообразно изклоняващи, рядко линейно удължени цокверки, изградени от жилково-впръсната рудна минерализация.

По своите особености меднопорфирните находища в района могат да се отделят в две групи. При първата група рудната минерализация и хидротермалните промени, съпътстващи отлагането са развити предимно в апикалните части на интрузивните тела, като засягат в различна степен и скалите от рамката (Медет, Елаците). При втората група освен в апикалните части на малките порфирни интрузиви орудяването е локализирано в голяма степен и във вместващите ефузивни скали и вулкански некове (Асарел, Цар Асен и др.). Развитието на хидротермалните системи в първия случай се характеризира с относително по-ограничено участие на метеорни води и по-високотемпературни условия на минералообразуване. Ранните етапи от еволюцията на системите се предопределят от широко развитие на К-силикатна тип промяна на вместващите скали, предимно в централните части на находищата, която в периферните части постепенно се сменя с пропилитизация. Флуидите отделени в началото на хидротермалния процес се характеризират с висока солева концентрация (достигаща до 50 тегл. % NaCl екв., находище Елаците) и температури над 450°C (Strashimirov *et al.*, 2002), което определя техния предимно магматичен произход. В последвалите етапи от развитие на системите температурата и солеността на разтворите постепенно спадат, както за сметка на отдалечаване на генериращия източник в дълбочина, така и за сметка на по-широко участие на метеорни води в общия обем на минералообразуващите разтвори. Съпътстващите хидротермални изменения са предимно от серицитов тип.

Специфичните условия, в които протича минералообразуването в меднопорфирните находища от района намира отражение в състава на отложените рудни асоциации. При първата група находища (Медет, Елаците) е налице по-широко развитие на Fe-Ti окисна минерализация в началото на рудообразователния процес, отчетливо присъствие на кварц-молибденитова асоциация, наличие на Co-Ni минерални съобщества и относително по-високо присъствие на злато, като попълнен компонент в рудите (Strashimirov *et al.* 2002). Особен интерес представляват установените в находище Елаците минерали от платиновата група елементи (Petrupov and Dragov, 1993), които насочват към дълбочинен източник на разтворите с по-базична характеристика.

Данните от изследване на включения в кварц определя еволюцията на хидротермалните системи от тип $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl} \pm \text{FeCl}_2$ към $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{KCl}$ и $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ при постепенно намаляване на солеността до около 10 тегл. % NaCl екв. Отлагането на основната промишлена пирит-халкопиритова асоциация в почти всички находища от района протича в температурния диапазон $350 - 250^\circ\text{C}$, последвана от широко развитие на кварц-пиритна асоциация под формата на добре обособени жили в

средните и горни части на находищата. В по-късните стадии от развитието на хидротермалните системи в почти всички находища от района се образуват кварц-сфалерит-галенитова асоциация, представена под формата на жили, развити в най-външните части на находищата.

Финалът на хидротермалната дейност се отбелязва с отлагане на карбонати и зеолити, пресичащи отложените до момента минерални асоциации под формата на жили или налепи по пукнатини.

Различията между минералния състав на находищата развити в апикалните части на интрузивните тела и тези локализиращи предимно във вулканитите от палеовулканските постройки се подчертават от появата на полиелементни асоциации, включващи минерали като енаргит, (Асарел, Петелово), голдфилдит, колусит, айкинит, хесит и др. (Асарел), характерни за минерализации от високосулфиден тип (Petrunov *et al.* 1993). Към тези различия може да се добави развитието на добре изразена циментационна зона от вторични медни сулфиди (Асарел, Орлово гнездо, Коминско чукарче), която е резултат от интензивното развитие на екзогенни процеси, чието протичане се улеснява от по-високата степен на тектонска обработка на вместващите скали по време на вулcano-тектонското разломяване.

Масивносулфидните руди са развити в находищата Челопеч, Красен, Елшица, Радка, Червена могила и редица рудопроявления като, Стипцата, Варнишка чукара, Изгорелия връх, Калето и т. н. Това са епигенетични орудявания, чието пространствено положение се определя от субвулканските интрузиви, разсичащи централните части или склоновете на вулканските структури, както и от вулcano-тектонските разломи. Масивносулфидните руди са локализиращи най-често в тектонските брекчи и зоните с интензивно напукване. Те са развити предимно в екзоконтактните зони на линейните или дъговидни субвулкански тела, както и около вулканските некове, а рядко във взривни структури. Рудните тела са със стълбовидна, щоковидна, тръбовидна, лещовидна или гнездовидна форма. С редки изключения те са несъгласни с наслояването в ефузивните задруги. Характерни са масивните руди, образувани предимно чрез метасоматично заместване на хидротермално изменените, напукани и брекчиращи вулкански скали. Като ореол около тях или самостоятелно са развити по-бедни жилково-впръснати руди. Наблюдава се тенденция за отлагане на по-младите и по-ниско-температурни минерализации към периферията и в по-горните части на рудните тела.

Масивносулфидните рудни находища според характера на рудната минерализация и хидротермалните изменения на вместващите скали се отнасят към две групи. Първата група е представена от високосулфидни (масивносулфидни) епитермални медно-златни находища. Към тях се отнася находище Челопеч, характеризиращо се с широко развитие на сулфосоли и интензивна аргилизация на скалите. Хидротермалният минералообразователен процес тук се предшества от ограничено по обем хидротермално-седиментно отлагане на пирит-

марказитова асоциация. По време на основния хидротермален етап се образуват типичните за високосулфидните находища рудни минерални асоциации, включващи енаргит, лузонит, голдфилдит, колусит, самородно злато, телур и бисмут, както и редица минерали в системите Cu-Pb-Bi-S-Se, Pb-Bi-Hg-Te-Se и Cu-Au-Ag-Te. Отлагането на едрокристален енаргит маркира температурни условия (280 – 300° C) на отлагане в границите на типичните за високосулфидните находища (Bonev *et al.*, 2000). Околорудните промени включват развитие на зони от пропиловит, серицитиов, серицит-интензивно аргилизитов, интензивно-аргилизитов, пропиловит-серицитов тип, както и представители на формация вторични кварцити – кварц-дикитов и кварц-алуновит фациса.

Втората група е представена от средно сулфидни епидо мезотермални медно-пиритни и медно-пиритно-златни находища. Към първата разновидност се отнасят находищата Елшица и Радка, а към втората – находищата Красен и Червена могила. Развитието на рудообразователните процеси във втората група протича в общи линии доста сходно – от железно-сулфидни към медно-сулфидни и полиметални минерални асоциации, а краят на хидротермалната дейност се бележи от отлагане на забележими количества гипс и анхидрит. Като цяло температурният диапазон на отлагане е твърде широк. Хидротермалните промени започват при температури около 400° C, а финалът на минералообразуването завършва при температури около 160° C (Страшимиров и Ковачев, 1992). Kouzmanov *et al.*, (2002) определят по данни от инфрачервена микротермометрия на пирит от находище Радка, че температурният диапазон на отлагането му е в интервала 360 – 320° C. Солеността на разтворите е относително ниска (3.5 – 4.6 тегл. % NaCl екв. за находище Радка, Kouzmanov *et al.*, 2000). Независимо, че в тези находища се установяват различни сулфосолни минерали, характерни за високо-сулфидните епитермални находища, като цяло тяхното количество и разнообразие е далеч по-малко от тези, описани в находищата от първия тип. Определени различия са налице и в характера на проявените околорудни изменения на вместващите скали. Характерни промени за втората група са пропиловитовият, пропиловит-серицитовият и серицитовият тип изменения, докато интензивно аргилизитовият тип присъства като незначителни проявления в находище Червена могила. Това допълнително дава основания за разграничаване на споменатите две групи масивни сулфидни находища.

Рудните находища от жили тип са развити в ореола на порфирните или масивносулфидните находища и могат да се разглеждат като неделима част от съответните рудно-магматични системи. По своите морфоложки особености те представляват рудни жили и силифицирани брекчи, вмествени в разломи на крехко срязване. Въз основа на характера на рудната минерализация и на хидротермалните изменения свързани с тях, те могат да се класифицират като средно до ниско сулфидни епидо мезотермални минерализации. Орудяването е представено от жили или минерализирани силифицирани брекчи. Техният състав е доста разнообразен: меднорудни, оловно-цинкови ($\pm$ Au) (Д. Каменица), медно-

оловно-цинкови ($\pm$ Au) (Воздол), златорудни (Негърщица) или баритови (Кашана).

Друг характерен белег за металогенията на Панагорския руден район е развитието на манганови минерализации от тип "силифицирана умбра" вместилища във вулcano-сидиментни скали. Към тях се отнасят рудопроявленията Момин скок, Топлика, Милкова чешма, Дълги рид (Оборище) и т.н. Те са представени от пластообразни или лещовидни рудни тела локализиращи се главно на насложаването около контакта между андезитовите скали и покриващите ги глинести варовици. Съставени са от пиролузит, псиломелан, манганит и браунит, които асоциират с халцедон, кварц, барит, калцит и зоолити (Димитров и Костов, 1954).

Съвместното пространствено разположение на описаните по-горе два типа медни находища и асоцииращите с тях жилни находища в рамките на отчетливо засебени рудни полета е една характерна особеност на Панагорския руден район, подсказваща единен източник и определена последователност в развитието на рудообразователните системи, отложили

различните минерализации в отделните рудни полета. Изотопните изследвания на флуидните системи в находища Радка, Елшица и Влайков връх, проведени в последно време (Kouzmanov *et al.*, 2001), дават убедителни доказателства за единни рудно-магматични системи в границите на отделните рудни полета (вулcano-интрузивни комплекси). В рамките на тези системи се осъществява съвместно формиране на меднопорфирни и епитермални находища като продукти на последователно развиващи се във времето процеси. Като цяло при миграцията на магмената активност от север на юг в отделните рудоносни вулcano-интрузивни комплекси се набелязва все по-голямо участие на коров материал в магмата, което маркира по-плитки нива на магмообразуване. Вероятно с по-дълбочинно генериране на магмите в северните части на района (Елашко-Челопешко рудно поле) е свързано значителното участие на злато в рудните минерализации, както и присъствието на минерали от платиновата група. В находищата от рудните полета в южната част участието на злато в системите очевидно намалява, а минерали от платиновата група не се установяват.

ЛИТЕРАТУРА

- Амов, Б., Вълкова В. 1994. Обобщени данни за изотопния състав на оловото в рудни находища на територията на България. В: "Проблеми на най-ранната металургия", *Тр. МГУ*, No 4, 122-138.
- Ангелков, К., Стайков, М. 1980. Вулканската калдера и перспективи за нови рудни тела в находище Радка. *Рудодобив*, 8, 15-17.
- Арнаудова, Р., Попов, П., Петков, И., Петров, П. 1991. Хидротермални метасоматити от меднопорфирното находище Асарел и тяхната структурна привързаност. *Год. МГУ*, 37, 1, 121-135.
- Богданов, Б., Попов, П., Обретенов, Н. 1970. Структурна характеристика на Елшишкото рудно поле. *Сп. БГД*, 31, 3, 303-313.
- Богданов Б., Н. Обретенов, П. Попов. 1974. Етапи развития структуры Панагорского рудного района. *Procc. X Congress CBGA, Bratislava*, 39-46.
- Богданов, Б. 1987. Медните находища в България. *Техника*, С., 388 с.
- Връблянски, Б., Будуров, К., Цанков, Ц. 1961. Принос към стратиграфията на горната креда между Софийското поле и гр. Панагюрище. *Год. Гл. упр. по геол.*, 11, 117-132.
- Георгиев К. 1939. Рудните отложения в югозападната част на Панагорската рудоносна област. *Тр. подзем. бог. и мин. индустр. България*, 10, 291-307.
- Димитров, Ц., Костов, И. 1954. Върху генезата на манганорудните месторождения в Средногорието. *Год. Соф. унив., Биол.-геол.-геогр. фак.* 48, 2, Геол., 24-60.
- Димитрова Е., Начев И., Славов И. 1984. Стратиграфия на горната креда в Панагорско. *Палеонт., стратигр. и литол.* 19, 65-83.
- Желев, В., Антонов, М., Синьовски, Д. 1999. Доклад за извършената ревизионна геоложка картировка в М 1:25000 и литогеохимично опробване на лицензионна площ Челопеч. *Геофонд*
- Карагюлева, Ю., Костадинов, В., Цанков, Ц., Гочев, П. 1974. Строеж на Панагорската ивица източно от р. Тополница. *Изв. ГИ БАН, сер. геотект.* 23, 231-301.
- Константинов К. 1952. Микроскопски изследвания на орудяванията в Панагорския руден район. *Год. УГМП*, А, 5, 87-130.
- Лилов, П., Чипчакова, С. 1999. К-Аг датиране на горнокредни магматити и хидротермални метасоматити в Панагорския вулcano-интрузивен район на Централното Средногорие. *Геох. минер. и петрол.*, 36, 77-91.
- Моев, М., Антонов, М. 1978. Стратиграфия на горната креда в източната част на Стъргалско-Челопешката ивица. *Год. ВМГИ*, 28, 2, 7-30.
- Мутафчиев, И. 1967. Върху структурата на медно-златното находище "Челопеч", Пирдопско. *Год. Ком. Геол.*, 17, 131-147.
- Попов, П., Мутафчиев, И. 1980. Структура на Челопешкото меднорудно поле. Структурни условия за локализация на орудяването. *Год. ВМГИ*, 25, 2, 25-41.
- Попов, П., Владимиров, В., Бакырджиев, С. 1983. Структурна модель полиформационного Челопешкого меднорудного поля. *Геол. руд. местор.* 5, 3-10.
- Попов, П., Петков, И. 1994. Строеж на Асарелската рудоносна вулcano-плутонична структура. *Год. МГУ*, 40, 1, 93-99.
- Славов, И., Цветков, К., Кимов, Л., Дамянов, Д., Пенчев, П., Цветков, Ц. 1978. Върху присъствието на палео-вулканска структура при с. Цар Асен, Панагорско. *Сп. БГД*, 39, 1, 91-98.
- Страшимиров, Стр., Ковачев, В. 1992. Температури на образуване в медните находища от средногорската зона по данни от изследване на флуидни включения в минералите. *Сп. БГД*, 53, 2, 1 - 12

- Angelkov, K., Parvanov, B. 1980. The Assarel Porphyry Copper Deposit, Bulgaria. In: Jankovic, S. and Silitoe R. (Ed.), *European Copper Deposits, Belgrade*, 59-62.
- Berza, T., Constantinescu, E., Vlad, S.-N. 1998. Upper Cretaceous Magmatic Series and Associated Mineralisation in the Carpathian-Balkan Orogen. *Resource Geology*, **48**, 4, p. 291-306.
- Bonev, I., Luders, V., Piperov, N., Andrew, C. 2000. Fluid inclusions and growth conditions of enargite crystals from the major Chelopech Au-Cu deposit, Bulgaria. *ABCD-GEODE 2000 Workshop, Borovetz, Abstracts*, 14.
- Dimitrov, C. 1960. Magmatismus und Erzbildung im Erzgebiet von Panagjuriste. *Freiberger Forschungsh., R. C*, **79**, 67-81.
- Hander, R., Velichkova, S., Neubauer, F., Ivanov, Z. 2002. Late Cretaceous magmatic and tectonic processes in the Srednogie zone, Bulgaria: constraints from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age dating results. *GEODE Workshop on Srednogie, Abstracts, Sofia, 2002*, 7.
- Ignatovski, P., Bayraktarov, I. Metallogeny of the Panagyurishte ore region. In: P. Popov (ed), *Plate Tectonic Aspects of the Alpine Metallogeny in the Carpatho-Balkan Region, UNESCO - IGCP Project No 356, Proceedings of the annual meeting, Sofia, 1996*, v. 1; 155 - 158.
- Kouzmanov, K., Bailly, L., Ramboz, C., Rouer, O., Beny, J.-M. 2002. Morphology, origin and infrared microthermometry of fluid inclusions in pyrite from the Radka epithermal copper deposit, Srednogie zone, Bulgaria. *Mineralium deposita*, **37**, 599 – 613.
- Kouzmanov, K., Moritz, R., Chiaradia, M., Fontignie, D., Ramboz, C. 2001. Sr and Pb isotope study of Au-Cu epithermal and porphyry-Cu deposits from the southern part of the Panagyurishte district, Sredna gora zone, Bulgaria. In: Piestrzynski et al. (eds.) *Mineral deposits at the beginning of the 21st century. Proceedings of joint 6th biennial SGA-SEG meeting. Krakow, Poland, 26 – 29 August*, 539 – 542.
- Peycheva, I., Von Quadt, A., Kouzmanov, K., Bogdanov, K. 2003. Timing of magmatism and mineralization in Elshitsa and Vlaykov Vruh Cu (Au) deposits of Central Srednogie, Bulgaria: constraints from U-Pb zircon and rutile geochronology and Hf-zircon and Sr whole-rock tracing. *Final GEODE-ABCD (2003) Workshop, Seggau, Austria, 22-24 March, 2003*, 46.
- Popov, K. 2001a. Geology of the southern part of Panagyurishte ore region. *Ann. Univ. Min. Geol., Sofia*, **43-44**, 51-63.
- Popov, K. 2001b. Porphyry copper – massive sulphide system in the Radka ore district (Bulgaria). *Ann. Univ. Min. Geol., Sofia*, **43-44**, 65-71.
- Popov, P. 1981. Magmotectonic Features of the Banat-Srednogie Belt. - *Geologica Balcanica*, **11**, 2; 43 - 72.
- Popov, P. 1987. Tectonics of the Banat-Srednogie Rift. *Tectonophysics*, **143**; 209 - 216.
- Popov, P. 1996. Characteristic Features of the Banat-Srednogie Metallogenic Zone. In: P. Popov (ed), *Plate Tectonic Aspects of the Alpine Metallogeny in the Carpatho-Balkan Region, UNESCO-IGCP Project No 356, Proceedings of the annual meeting, Sofia, 1996*, v. 1; 137-154.
- Popov, P., Popov, K. 1997. Metallogeny of Panagyurishte Ore Region. 1997. In: *Ore Deposits exploration, Belgrade*, 2 - 4 April 1997; 327 - 338.
- Popov, P., Berza, T., Grubic, A. 2000. Upper Cretaceous Apuseni-Banat-Timok-Srednogie (ABTS) Magmatic and Metallogenic Belt in the Carpathian-Balkan Orogen. *ABCD-GEODE 2000 Workshop, Borovets, Bulgaria, Abstracts*, 69-70.
- Popov, P., Popov, K. 2000. General geologic and metallogenic features of the Panagyurishte ore region. In: (Strashimirov, Popov ed.) *Geology and metallogeny features of the Panagyurishte ore region (Srednogie zone, Bulgaria)*, *ABCD-Geode 2000 Workshop, Borovets, Bulgaria*, 1-7.
- Stoykov, S., Yanev, Y., Moritz, R., Fontignie, D. 2003. Petrology, Sr and Nd Isotope Signature of the Late Cretaceous Magmatism in the South-Eastern Part of Etropole Stara Planina, Srednogie Magmatic Zone. *Ann. Univ. Min. Geol., Sofia*, **46** (this volume)
- Strashimirov Str., Petrunov R., Kanazirski M. 2002. Porphyry-copper mineralisation in the central Srednogie zone, Bulgaria. *Mineralium deposita*, **37**, 587 - 598
- Von Quadt, A., Peycheva, I., Kamenov, B., Fanger, L., Heinrich, C., Frank, M. 2002. The Elatsite porphyry copper deposit in the Panagyurishte ore district, Srednogie zone, Bulgaria: U-Pb zircon geochronology and isotope-geochemical investigation of magmatism and ore genesis. In: *Blundell et al. (eds), The Timing and Location of Major Ore Deposits in an Evolving Orogen. Geol. Soc., London, Special Publ.*, **204**, 119-135.

MAIN FEATURES IN GEOLOGY AND METALLOGENY OF THE PANAGYURISHTE ORE REGION

**Petko Popov⁽¹⁾, Strashimir Strashimirov⁽¹⁾, Kamen Popov⁽¹⁾,
Rumen Petrunov⁽²⁾, Milko Kanazirski⁽²⁾, Dimitar Tzonev⁽³⁾**

(1) University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia, 1700

(2) Institute of Geology, Bulgarian Academy of Science, Sofia, 1113

(3) Sofia university "St. Kl. Ochriski" Sofia, 1000

ABSTRACT

The Panagyurishte ore district is located in the Central Sredna Gora and partly in the Stara Planina mountains. It is an element of the Upper Cretaceous Apyseni-Banat-Timok-Srednogorie Magmatic and Metallogenic Belt. Forming of this ore region is determined by the development of intensive Upper Cretaceous volcanic and magmatic activity. Magmatic rocks belong to two petrochemical series: calc-alkaline and subalkaline ones. Magma generation took place in enriched upper mantle with variegating participation of crustal component. It is established following well expressed volcano-intrusive complexes: Elatsite-Chelopech, Krassen-Petelovo, Vrankamik, Assarel-Medet, Svoboda-Ovchihulm, Elshitsa and Pesovetz. Magmatic activity is realised during Conianian-Santonian and the distinct migration from north to south is established. Ore fields include Elatsite-Chelopech, Krassen-Petelovo, Assarel-Medet, Radka and Elshitsa. Metallogenic specialisation of the region is determined by numerous Cu, Cu-Mo and Cu-Au porphyry deposits associating with high to intermediate sulphidation epi- to mesothermal massive sulphide Cu-Au, Cu-Pyr-Au and Cu-Pyr deposits. Intermediate to low sulphidation Cu, Pb-Zn-(± Au), Cu-Pb-Zn-(± Au), Au и Ba deposits related to brittle faulting are developed in the marginal parts of the ore fields. Mn ore occurrences type "silicified umbra" are found in volcano-sediment rocks in the region.

INTRODUCTION

The Panagyurishte ore region is located 55 – 95 km east from Sofia. Its territory involves parts from the Central Srednogorie and the Stara Planina Mountain between towns of Pazardzhik and Etropole with total area of 1500 km². Its geological position is determined by the area of development of an intensive Upper Cretaceous magmatic activity and related to it mineral deposits (Georgiev, 1939; Konstantinov, 1952; Dimitrov, 1960; Bogdanov, 1987; Popov & Popov, 1997).

The Panagyurishte ore region is an element of the Apyseni-Banat-Timok-Srednogorie Magmatic and Metallogenic Belt as it was determined the last years (Popov et al., 2000). The belt is commented by different authors as "Banat-Srednogorie zone", "Banatite belt" or a part of Carpathian-Balkanides. This belt is formed as a result of extensional processes in relation to the manifestation of the post-subductional and intra-collision mantle diapirism in the zone of transformation of subducted fragments from the oceanic crust. (Popov, 1981, 1987, 1996; Berza et al., 1998)

Over 150 ore deposits, ore occurrences and mineral indications are found in the Panagyurishte ore region. It is characterized mainly by presence of porphyry copper and massive sulphide copper deposits. Small gold, gold-polymetallic, baryte lead-zinc and manganese deposits are established as well. 489 555 400 t ore and respectively 3 946 092 t copper (in ore), 665 185 t sulphur (in pyrite concentrate), 46 507 kg gold (in ore), about 13 000 t Mo (in ore) and about 195 900 t baryte re extracted from the district within 1942 and 1995 years. Current mining activity is on going in Elatsite, Assarel and Chelopech deposits.

GEOLOGY

The main features in the geology of the Panagyurishte ore region that control development of the metallogenic processes in the space and time are determined by the characteristics and evolution of the Upper Cretaceous magmatic complexes. The effusive rocks united in the Panagyurishte volcano-

sedimentary group (K. Popov, 2001a) overlay on Turonian sediments and in the most southern part on the rocks from Pre-Mesozoic basement. They are overlapped by post-volcanic Upper Santonian-Maastrichtian carbonate and flish sediments.

Petrochemical data show that Upper Cretaceous magmatic rocks belong to two petrochemical series: calc-alkaline and subalkaline (Popov, 1981; Popov & Popov, 1997). Calc-alkaline rocks have dominant distribution. The volcanic rocks are mainly with andesitic and less dacitic composition, while hypabyssal and subvolcanic hypabyssal varieties are mainly granodiorite and granodiorite porphyrites. Calc-alkaline rocks are of high potassic type (Ignatovski & Bayraktarov, 1996) and in some complexes the content of alkaline oxides is increased which suggest transition to subalkaline ones. Subalkaline rocks are presented mainly by latite and trachyandesitebasalt rarely trachybasalt, trachyriolite and trachite. The different petrochemical type of the rocks lead to conclusion that magma generating take place in different depths. The last studies of ratio ⁸⁷Sr/⁸⁶S for some representatives of the calc-alkaline series was determined as following: for the effusive rocks from the Chelopech volcano the ratio is between 0.7049 и 0.7054 (Stoykov et al., 2003), for the intrusive rocks from Elatsite - between 0.70492 и 0.70571 (Von Quadt et al., 2002) and for the intrusive rocks at Elshitsa – between 0.70514 и 0.70583 (Peytcheva et al., 2003). These data show for enriched mantle source, mixed in varying proportions with crustal material. It could be presumed that subalkaline magma are entirely a product of the upper mantle.

Detail structural-volcanic studies in the district establish that the volcanic activity is dominantly central type. Following volcanoes are determined in the region: Elshitsa (Bogdanov et al., 1970, 1974), Chelopech (Popov & Moutafchiev, 1980; Popov et al., 1983), Assarel (Angelkov & Parvanov, 1980; Popov & Petkov, 1994; Popov et al., 1996), Pesovetz (Bogdanov et al., 1974), Ovchihulm and Svoboda (Popov & Popov, 1997, 2000), Vrankamik (Ignatovski & Bayraktarov, 1996), as well as Tangur, Petelovo and Smilets (Popov &

Popov, 1997, 2000). Slavov et al. (1978), Angelkov & Staikov [1980] and Ignatovski & Bayraktarov (1996) suggest a little bit different interpretations for some parts of the district which are not confirmed.

On the base of the studies provided and analysis of data obtain in could be concluded that as a result of the Upper Cretaceous magmatic activity an unit of well individualised volcano-intrusive complexes is formed on the territory of the Panagyurishte ore region (Popov & Popov, 1997, 2000). Recent studies established following volcano-intrusive complexes: Elatsite-Chelopech, Krassen-Petelovo, Vrankamik, Assarel-Medet, Svoboda-Ovchihalm, Elshitsa and Pesovetz (Fig. 1). These magmatic complexes are set up by accumulative volcanic structures formed during the effusive processes and also by the associating comagmatic subvolcanic to hypabissal intrusive bodies and dykes. The intrusives cut effusive rocks and the rocks from the basement. In some of the complexes on the daylight surface intrusives are presented only by subvolcanic bodies they could be determined as volcanic-subvolcanic. Accumulative parts of the described complexes usually are characterised as well individualised stratovolcanoes of central type often elongated along the magma channel faults. In some cases volcanoes are located closely to each other in space and time and they formed complicated accumulative structures from the volcanogenic "brachianticlines" type. Presence of some smaller separated or satellite volcanoes is not excluded. Differentiation of the volcanoes is based on the spatial development of magmatic rocks from different facieses, lateral relations of the effusive rocks with sediments and volcano-sediment depositions, their position in the Upper Cretaceous column and the specific features in petrological and chemical composition of their rocks.

Characteristic feature in the evolution in the different magmatic complexes and the whole volcanic activity is the intensive volcano-tectonic faulting. This process takes place during the entire period of magmatic activity and it is most effective after the end of effusive activity in separate magmatic complex and before introduction of subvolcanic intrusives. This faulting determines block separation of the volcanic structures and movement of rocks formed at different depths to one and the same level. As a result effusive rocks that are products of later formed volcanoes lay over different levels of the older effusive units. These Intra-Santonian fault movement are demonstrated as well as by the fact that Upper Santonian-Maastrichtian postvolcanic depositions overlay on eroded in different grade volcanic structures formed during different stages.

Intrusive bodies as a rule are present by two sequentially formed groups: subvolcanic and subvolcanic-hypabissal to hypabissal. They are intruded the most often after volcano-tectonic faulting and block separation of the volcanic cones. The Elshitsa pluton is an exception that is formed after effusive activity but before volcano-tectonic faulting. Small intrusive bodies formed before the effusive activity are known as well in the Elatsite-Chelopech complex.

The forming of volcano-magmatic complexes could be divided into four stages (Popov & Popov, 1997, 2000; K. Popov, 2001a). Distinct migration of the magmatic activity from north to south is established.

Elatsite-Chelopech volcano-intrusive complex is formed during the first stage in the most northern part of the region. Krassen—Petelovo volcano-intrusive complex formed by several interfingering volcanoes (Petelovo, Tangur, Smiletz) is formed during almost the same time between Panagyurishte and the villages of Smiletz and Ovchepolzi. The Vrankamic volcano-intrusive complex is formed northwest from Panagyurishte during the same stage..

Assarel-Medet volcano-intrusive complex which partly overlays on Vrankamic and Krassen-Petelovo volcanoes could be divided as second stage. Forming of Ovchihalm and Svobodinski volcanoes that overlay on the rocks of Petelovo and Smiletz volcanoes also could be nominated as a part of the second stage.

Third stage is marked by forming of the Elshitsa volcano-intrusive complex which includes Elshitsa volcano, Elshitsa intrusive and numerous subvolcanic bodies. It overlays on the Ovchehalmiski volcano to the north and on the rocks from the basement to the south.

The forming of Pesovetz volcano marks the fourth stage. It overlays on different levels of the Krassen-Petelovo, Svobodino and Slshitsa complexes.

Paleonthological data conclusively prove that magmatic activity took place almost entirely during the Coniacian and Santonian (88 –83 Ma). It is confirmed also by the fact that effusive rocks overlay on Turonian and they are overlapped by Upper Santonian-Maastrichtian sediments (Vrublyanski et al., 1961; Karagjuleva et al., 1974; Moev & Antonov, 1978; Dimitrova et al., 1984; Jelev et al., 1999). The last few years were realised determinations of the absolute age of the magmatic rocks. The age of the Elatsite intrusive is determined as 91.72 ± 0.70 - 90.78 ± 0.44 - 90.78 ± 0.44 Ma based on $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ method, Vosdol neck (north from Chelopech) – 89.95 ± 0.45 Ma, Medet intrusive is aged as 85.70 ± 0.35 Ma and andesites from St. Nikola Hill (south from Panagyurishte) 80.21 ± 0.45 Ma (Hander et al., 2002). Based on $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ zircon method the age of the intrusive rocks in Elatsite is determined as 92.1 ± 0.3 - 91.84 ± 0.31 Ma (Von Quadt 2002). The Elshitsa granite is aged 86.62 ± 0.02 Ma and Elshitsa subvolcanic dacites- 86.11 ± 0.23 Ma (Peycheva et al., 2003). Data from the absolute age determinations show increasing of the results compared to the paleothological data but they confirm the known fact that the migration of the magmatic activity is developing from north to south.

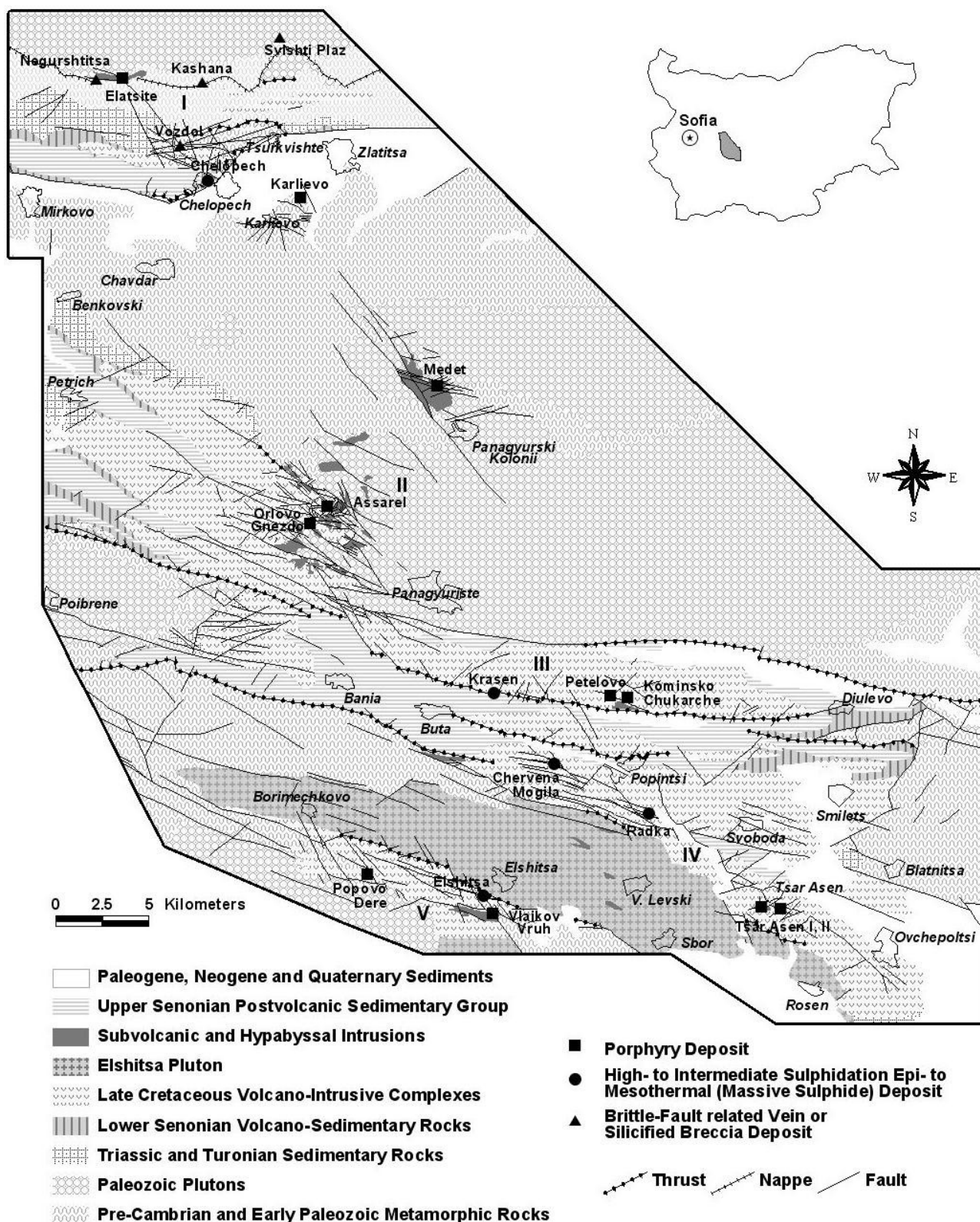


Figure 1. Geological Map of Panagyurishte Ore Region (compiled by K. Popov)
Ore Fields: I - Elatsite-Chelopech; II - Assarel-Medet; III - Krasen-Petelovo; IV - Radka; V - Elshitsa

METALLOGENY

Metallogenic characteristics of the Panagyurishte ore region is determined mainly by development of numerous porphyry copper and massive sulphide copper deposits. Smaller copper, gold, gold-lead-zinc and gold-copper-lead-zinc deposits and ore occurrences of vein type associate very often with them. Several manganese ore occurrences are also established in the region. Forming and spatial distribution of these mineral deposits is controlled by the position, evolution and structural features of the Upper Cretaceous volcano-intrusive complexes. The ore fields are localised within the frames or parts of these complexes (Fig. 1). The boundaries of the ore fields are determined by the area of development of the late subvolcanic and subvolcano-hypabyssal intrusions and large dykes. Five ore fields (districts) are established in the region: Elatsite-Chelopech, Assarel-Medet, Krassen-Petelovo, Radka and Elshitsa ore fields, involving unified ore-magmatic systems. Porphyry copper, massive sulphide and vein deposits and ore occurrences which are a result of the evolution of one and the same ore magmatic system within the frames of each ore fields are developed.

The Elatsite-Chelopech ore field is located in the most northern part of the region within the frames of the volcano-plutonic complex with the same name. It is set up by Early small intrusives, the Chelopech volcano (including the Vosdol monovolcano) and Later small intrusives. Ore deposits Elatsite, Chelopech, Negarshtitsa, Kashana, Dolna Kamenitsa, Vosdol, Karlievo and probably Svishti plaz are developed in this ore field.

The Assarel-Medet ore field is located northwest from the town of Panagyurishte within the area of the Assarel-Medet volcano-intrusive complex. It includes Assarel volcano, Medet, Assarel, Lisa Mogila and numerous smaller intrusives. Porphyry copper deposits Medet, Assarel, Orlovo Gnesdo as well as numerous ore occurrences are found in this ore field.

The Krassen-Petelovo ore field is located south-east from the town of Panagyurishte in the central part of the volcano-plutonic complex with the same name. It is set up by Petelovo and Tangur volcanoes and Petelovo intrusive. Ore deposits in it are Krassen, Petelovo and Kominsko Chukarche.

In the most southern part of the ore region is located the Elshitsa volcano-intrusive complex which includes Radka ore field in its northern part and Elshitsa ore field in its southern part. Their spatial development is controlled by two sheaves of linear subvolcanic bodies cutting respectively southern and northern slopes of the Elshitsa stratovolcano. Ore deposits Radka, Tzar Assen and Chervena Mogila belong to the Radka ore field and Elshitsa, Vlaykov Vruh and Popovo Dere are within the frame of Elshitsa ore field.

Porphyry copper ores are found in Medet, Assarel, Elatsite, Vlaykov Vruh, Tzar Assen deposits as well as in subeconomical deposits Orlovo Gnesdo, Karlievo, Popovo Dere, Kominsko Chukarche, Petelovo and numerous ore occurrences. The lateral distribution of porphyry copper deposits is controlled by Upper Cretaceous hypabyssal to subvolcanic-hypabyssal porphyritic intrusives and dyke sheaves. They are usually members of the different volcano-

intrusive complexes described above. The porphyry copper deposits are located in some cases in the central parts of the volcanoes and in the rocks from the basement in other cases. The ore bodies are present by column-like ore cone-like inclining, rarely linear elongated stockworks formed by disseminated ore mineralisation.

Porphyry copper deposits in the region could be divided into two groups on the base of their specific features. The first group includes ore mineralisations and hydrothermal alterations developed mainly in the apical parts of intrusive bodies and partly in the rocks from the frame (Medet, Elatsite). The second group includes deposits in which ore mineralisation and hydrothermal alterations affect not only the upper part of the small porphyritic intrusives but the largest part of it is developed in the effusive rocks and volcanic neck of the complexes (Assarel, Tzar Assen). The development of the hydrothermal systems in the first group is characterised by relatively limited participation of meteoric waters and higher temperatures of the ore-forming processes. The early stages of the evolution of the systems is determined by the large forming of K-silicate alterations of the host rocks mainly in the central parts of the deposits gradually changed to propylitisation in the marginal parts. Fluids separated in the initial stage of the hydrothermal process are characterized by high salinity (up to 50 wt. % NaCl equiv.) and temperatures above 450° C (Strashimirov et al. 2002) which suggest their mostly magmatic origin. The next stages of the evolution of the systems are characterised by gradually decreasing of the temperature and salinity of brines due to the removal of the generating source in depth and large participation of meteoric waters in the systems. Hydrothermal alterations of the host rocks that accompanied ore precipitation are mainly of sericitic type.

The second group of porphyry copper deposits are characterised by hydrothermal processes developed relatively closer to the daylight surface and the ore-bearing small porphyritic bodies are intruded in volcanic accumulative cones. K-silicate alterations are developed in significantly limited scale compared to the first group deposits. Dominating hydrothermal alterations are present by sericitic to propylitic types. These alterations are developed much intensively in the upper parts of the deposits in lower temperature conditions. Such alterations in the Assarel deposit are overlapped on earlier acid-sulphate alterations formed during the effusive activity (Arnaudova et al., 1991).

Specific conditions of mineralisation in different porphyry systems in the region reflect to the composition of precipitated ore associations. The first group of porphyry copper deposits mentioned above is characterised by larger presence of Fe-Ti oxide association formed in the initial stage of the ore forming, distinct presence of quartz-molybdenite association, presence of Co-Ni mineral assemblages and relatively higher content of gold as trace element in ores (Strashimirov et al., 2002). Particular interest represents minerals from PGE established in the Elatsite deposit (Petrinov & Dragov, 1993) that suggest for deeper source of the brines probably with many basic geochemical characteristics.

Data from fluid inclusions studies in quartz determine the evolution of hydrothermal systems from type H₂O-NaCl

$\pm\text{FeCl}_2$ to types $\text{H}_2\text{O-NaCl-KCl}$ and $\text{H}_2\text{O-NaCl}$ and gradually decreasing of salinity about 10 wt.% NaCl equiv. The precipitation of the main economic association quartz-pyrite-chalcopyrite in all deposits practically takes place within temperature range 350 – 250° C. Later well-shaped veins of quartz-pyrite are formed in the intermediate and upper part of the deposits. Quartz-sphalerite-galena associations developed as short veins in the most upper and marginal parts of deposits are typical for the later stages of the hydrothermal systems evolution.

Final of the hydrothermal activity is marked by precipitation of carbonates and zeolites as vein and veinlets that cut all formed before mineral associations.

Differences in mineral composition of deposits located in the apical parts of intrusive bodies and those located mainly in effusive rocks from paleovolcanic structures is underlined by appearance of polyelement associations including enargite (Assarel, Petelovo), goldfildite, colusite, aikinite, hessite and other sulphosalt minerals typical for high sulphidation style of mineralisation (Assarel, Petrunov et. al. 1993). Forming of well expressed cementation zone of secondary copper sulphide enrichment (Assarel, Orlovo gnesdo, Kominsko Chukarche) a result of intensive development of exogenic processes, which realisation is stimulated by the high grade of tectonic rework of the host rocks during the processes of volcano-tectonic faulting is another significant difference between both groups of porphyry copper deposits in the region.

Massive sulphide ores are found in Chelopech, Krassen, Elshitsa, Radka, Chervena Mogila deposits as well as in numerous ore occurrences such as Stiptsata, Varnichka Chukara, Isgorelia Vruh, Kaletto and others. These are epigenetic mineralisations which spatial distribution is controlled by the position of subvolcanic intrusives cutting the central parts or scopes of volcanic structures, as well as by the volcano-tectonic faults. Massive sulphide ores are located the most often in tectonic breccia or zones with intensive fracturing. They are developed mainly along the exocontact zones of linear or arc-like subvolcanic bodies, also in and around volcanic necks rarely in the explosion pipe. Ore bodies are with column-like, stock-like, lense-like or nest-like shape. Almost all of them are discordant to the layering in the effusive units. Typical are massive texture ores formed generally by metasomatic replacement of hydrothermal altered fractured and brecciated volcanic rocks. Low grade disseminated ores present as halo around the massive ores. Tendency of precipitation of later formed and low temperature mineralisations in marginal and upper part of the ore bodies is established.

Massive sulphide ore deposits in the district could be divided into two groups according the type of ore mineralisation and hydrothermal alterations of the host rocks. The first group is represented by typical high sulphidation epithermal copper-gold deposits. Chelopech deposit is one remarkable example for this group with its mineral composition including large scale of sulphosalt minerals and advanced argillic alteration of the host rocks. Hydrothermal mineral forming process is preceding by limited in volume hydrothermal-sedimentary precipitation of pyrite-marcasite

association. Typical for the high sulphidation deposits ore associations including enargite, lusonite, famatinite, goldfildite, colusite, native gold, tellurium, bismuth and numerous minerals in Cu-Pb-Bi-S-Se, Pb-Bi-Hg-Te-Se and Cu-Au-Ag-Te systems are formed during the main ore forming process. Precipitation of large crystals of enargite marks the temperature conditions (280 – 300° C) within the range typical for the high sulphidation systems (Bonev et. al., 2000). Hydrothermal alterations include forming of zones of propylitic, sericitic, sericitic-advanced argillic, advanced argillic, propylitic-sericitic as well as representatives of the secondary quartzite formation – quartz-dickitic and quartz-alunite facieses.

The second group is represented by intermediate sulphidation epi- to mesothermal copper-pyrite and copper-pyrite-gold deposits. The first variety includes Elshitsa and Radka deposits and the second one includes Krassen and Chervena Mogila deposits. The evolution of ore forming processes is similar in both subtypes – initial stages are marked by precipitation of iron-sulphide associations followed by copper sulphide and polymetallic associations. The final of hydrothermal activity includes forming of significant quantity of gypsum and anhydrite. Temperature range of mineralisation is a broad one. Hydrothermal alterations start at about 400° C and the end of hydrothermal activity is probably about 160° C (Strashimirov & Kovachev, 1992). Kouzmanov et al. (2002) determined through infrared microthermometry of pyrite from Radka deposit temperature of its precipitation 360 – 320° C and low bulk salinity 3.5 – 4.6 wt. % NaCl equiv. Sulphosalt minerals found in these deposits are not so various like those established in the first group, the quantity of enargite is significantly low. Distinct differences are also found in the hydrothermal alterations of the host rocks. Typical for the group discussed are propylitic, propylitic-sericitic and sericitic alterations while the advanced argillic type is not developed except as minor occurrence in Chervena Mogila deposit. All these differences give a reason for differentiation of both groups in epithermal deposits from the district.

Vein type ore deposits are developed in the marginal parts of porphyry and massive sulphide deposits and they could be accepted as integral part of ore magmatic systems. They could be determined as brittle-fault related veins and silicified breccia ore deposits. Based on the type of ore mineral associations and hydrothermal alterations presented in them they could be classified as intermediate to low sulphidation epi- to mesothermal mineralisations. Their composition is different – copper, lead-zinc ($\pm$ Au) (Dolna Kamenitza deposit), copper-lead-zinc ($\pm$ Au) (Vosdol deposit), gold (Negarshtitsa) or baryte (Kashana).

An other specific feature of the Panagyurishte ore region is a development of manganese mineralisations type "silicified umbra". This type is presented by ore occurrences Momin Skok, Toplika, Milkova Chesma, Dulgi Rid (Oborishte) and other. They are banded-like or lense-like ore bodies localized concordant to layering along the contact between andesite and argillic rocks that cover it. Their composition includes pyrolusite, psilomelane, manganite and braunite with which associate chalcedony, quartz, baryte, calcite and zeolites (Dimitrov & Kostov, 1954).

CONCLUSIONS

Combined lateral distribution of described above two types copper deposits and associating with them vein deposits within the frames of distinct expressed ore fields is one remarkable feature of the Panagyurishte ore region suggesting unified source and well established sequence in evolution of ore bearing systems from which mineralisations are precipitated in the different ore fields. Isotopic studies of fluid systems in Radka, Elshitsa and Vlaykov Vruh deposits provides strong evidences for existing of unified ore-magmatic systems within the frames of single ore fields (respectively volcano-intrusive complexes) (Kouzmanov et al., 2001). Within the frame of these systems forming of porphyry copper and epithermal deposits is established as a result of consecutively developed processes. The migration of magmatic activity in general from north to south in different ore-bearing volcano-intrusive complexes it is established larger participation of crustal material in magma which mark much shallow levels of magma generation. Significant content of gold and presence of PGE minerals in the most northern part of the district (Elatsite-Chelopech ore field) is probably connected to the deeper generating of the magma chambers that are related to the ore mineralisations. The gold content decreases and PGE minerals are not found in the ore fields from the southern part of the region.

REFERENCES

- Amov, B., Vulkova, V. 1994. Generalized Data of the Lead Isotope Composition in the Ore Deposits in the territory of Bulgaria (in Bulg.). In: *Todorova & Popov (eds) "Problems of the Earliest Metallurgy"*, Proc. Univ. Min. Geol. Sofia, No 4, 122-138.
- Angelkov, K., Parvanov, B. 1980. The Assarel Porphyry Copper Deposit, Bulgaria. In: *Jankovic, S. and Siliteo R. (Ed.), European Copper Deposits, Belgrade*, 59-62.
- Angelkov, K., Staikov, M. 1980. The Volcanic Caldera and Prospects for New Ore Body in the Radka Ore Deposit (in Bulg.). *Rudodobiv*, 8, 15-17.
- Arnaudova, R., Popov, P., Petkov, I., Petrov, P. 1991. Hydrothermal Metasomatites from Porphyry Copper Deposit Assarel and their Structural Correlation (in Bulg.). *Ann. Univ. Min. Geol., Sofia*, 37, 1, 121-134.
- Berza, T., Constantinescu, E., Vlad, S.-N. 1998. Upper Cretaceous Magmatic Series and Associated Mineralisation in the Carpathian-Balkan Orogen. *Resource Geology*, 48, 4, p. 291-306.
- Bogdanov, B., Popov, P., Obretenov, N. 1970. Structural Features of the Elshitsa Ore Feld (in Bulg.). *Rev. Bulg. geol. soc.*, 31, 3, 303-313.
- Bogdanov, B., Obretenov, N., Popov, P. 1974. Structural Evolution Stages of the Panagyurishte Ore Region (in Russ.). *Procc. X Congress CBGA, Bratislava*, 39-46.
- Bogdanov, B. 1987. The Copper Ore Deposits in Bulgaria (in Bulg.). *Tehnika*, 388 p.
- Bonev, I., Luders, V., Piperov, N., Andrew, C. 2000. Fluid inclusions and growth conditions of enargite crystals from the major Chelopech Au-Cu deposit, Bulgaria. *ABCD-GEODE 2000 Workshop, Borovetz, Abstracts*, 14.
- Dimitrov, Tz., Kostov, Iv. 1954. On the origine of the Manganese Ore Deposits in the Srednogorie Zone (in Bulg.). *An. L'Univ. Sofia, Fac. biol.-geol.-geogr.*, 48, 2, 24-60.
- Dimitrov, C. 1960. Magmatismus und Erzbildung im Erzgebiet von Panagjuriste. *Freiberger Forschungsh., R. C*, 79, 67-81.
- Dimitrova, E., Nachev, I., Slavov, I. 1983. Upper Cretaceous Stratigraphy in Panagjuriste Region (in Bulg.). *Pal., strat., and lithol.*, 19, 65-83.
- Georgiev, K. 1939. The Ore Deposits in the South-Western Part of the Panagyurishte Ore District (in Bulg.). *Proc. Min. Res. and Min. Ind. Bulg.* 10, 291-307.
- Hander, R., Velichkova, S., Neubauer, F., Ivanov, Z. 2002. Late Cretaceous magmatic and tectonic processes in the Srednogorie zone, Bulgaria: constraints from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age dating results. *GEODE Workshop on Srednogorie, Abstracts, Sofia, 2002*, 7.
- Ignatovski, P., Bayraktarov, I. Metallogeny of the Panagyurishte ore region. In: *P. Popov (ed), Plate Tectonic Aspects of the Alpine Metallogeny in the Carpatho-Balkan Region, UNESCO - IGCP Project No 356, Proceedings of the annual meeting, Sofia, 1996*, v. 1; 155 - 158.
- Jelev, V., Antonov, M., Sinnyovski, D. 1999. Rapport of the renovate geological mapping in Scale 1:25000 and geocemical prospecting in the licence area of Chelopech (in Bulg.). *Geofond*.
- Karaguleva, J., Kostadinov, V., Tzankov, Tz., Gocev, P. 1974. Structure of the Panagjuriste Strip east of the Topolnica river (in Bulg.). *Bull. Geol. ist. - ser. geotect.*, 23, 231-301.
- Konstantinov, K. 1952. Mikroskopische untersuchungen uber die vererzung im Panaguriste-Erzdistrikt (in Bulg.). *An. Dir. Gen. rech. geol. min., ser. A*, v. 5, 87-130.
- Kouzmanov, K., Bailly, L., Ramboz, C., Rouer, O., Beny J-M. 2002. Morphology, origin and infrared microthermometry of fluid inclusions in pyrite from the Radka epithermal copper deposit, Srednogorie zone, Bulgaria. *Mineralium deposita*, 37, 599 - 613.
- Kouzmanov, K., Moritz, R., Chiaradia, M., Fontignie, D., Ramboz, C. 2001. Sr and Pb isotope study of Au-Cu epithermal and porphyry-Cu deposits from the southern part of the Panagyurishte district, Sredna gora zone, Bulgaria. In: *Piestrzynski et al. (eds.) Mineral deposits at the beginning of the 21st century. Proceedings of joint 6th biennial SGA-SEG meeting. Krakow, Poland, 26 - 29 August*, 539 - 542.
- Lilov, P., Chipchakova, S. 1999. K-Ar Dating of the Upper Cretaceous Magmatic Rocks and Hydrothermal metasomatic Rocks from the Central Srednogorie (in Bulg.). *Geochem., Mineral. And Petrol., Sofia*, 36, 77-91.
- Moev, M., Antonov, M. 1978. Srtatigraphy of the Upper Cretaceous in the eastern part of Sturguel-Tchelopech Strip (in Bulg.). *Ann. Ec. Sup. Min. Geol.*, 23, 2, 7-30.
- Mutafchiev, I. 1967. On the Structure of the Copper-Gold Deposit "Chelopech" - Pirdopsko (in Bulg.). *Ann. Com. Geol.*, 17, 131-147.
- Peycheva, I., Von Quadt, A., Kouzmanov, K., Bogdanov, K. 2003. Timing of magmatism and mineralization in Elshitsa and Vlaykov Vruh Cu (Au) deposits of Central Srednogorie, Bulgaria: constraints from U-Pb zircon and rutile geochronology and Hf-zircon and Sr whole-rock tracing. *Final GEODE-ABCD (2003) Workshop, Seggau, Austria, 22-24 March, 2003*, 46.

- Popov, K. 2001a. Geology of the southern part of Panagyurishte ore region. *Ann. Univ. Min. Geol., Sofia*, **43-44**, 51-63.
- Popov, K. 2001b. Porphyry copper – massive sulphide system in the Radka ore district (Bulgaria). *Ann. Univ. Min. Geol., Sofia*, **43-44**, 65-71.
- Popov, P., Mutaftchiev, I. 1980. Structure of the Chelopech Copper Ore Deposit. Structural Condition for Localisation of mineralization (in Bulg.). *Ann. L'Ec. Sup. Min. Geol., Sofia*, **25**, 2, 25-41.
- Popov, P., Vladimirov, V., Bakurdzhiev, S. 1983. Structural Model of the Polyformation Chelopech Ore Field (in Russ.). *Geology of Ore Deposits, Moscow*, **5**, 3-10.
- Popov, P., Petkov, I. 1994. Composition of the Assarel Orebearing Volcano-Plutonic Structure (in Bulg.). *Ann. Univ. Min. Geol. Sofia*, **40**, 1; 93-99.
- Popov, P. 1981. Magmotectonic Features of the Banat-Srednogorie Belt. - *Geologica Balcanica*, **11**, 2; 43 - 72.
- Popov, P. 1987. Tectonics of the Banat-Srednogorie Rift. *Tectonophysics*, **143**; 209 - 216.
- Popov, P. 1996. Characteristic Features of the Banat-Srednogorie Metallogenic Zone. In: P. Popov (ed), *Plate Tectonic Aspects of the Alpine Metallogeny in the Carpatho-Balkan Region, UNESCO-IGCP Project No 356, Proceedings of the annual meeting, Sofia, 1996*, v. 1; 137-154.
- Popov, P., Popov, K. 1997. Metallogeny of Panagyurishte Ore Region. 1997. In: *Ore Deposits exploration, Belgrade*, 2 - 4 April 1997; 327 - 338.
- Popov, P., Berza, T., Grubic, A. 2000. Upper Cretaceous Apuseni-Banat-Timok-Srednogorie (ABTS) Magmatic and Metallogenic Belt in the Carpathian-Balkan Orogen. *ABCD-GEODE 2000 Workshop, Borovets, Bulgaria, Abstracts*, 69-70.
- Popov, P., Popov, K. 2000. General geologic and metallogenic features of the Panagyurishte ore region. In: (Strashimirov, Popov ed.) *Geology and metallogeny features of the Panagyurishte ore region (Srednogorie zone, Bulgaria), ABCD-Geode 2000 Workshop, Borovets, Bulgaria*, 1-7.
- Slavov, I., Cvetkov, K., Kimov, L., Damjanov, D., Pencev, P., Cvetkov, C. 1978. On the presence of a paleovolcanic structure near the village of Zar Asen, District of Panagjuriste (in Bulg.). *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, **39**, 1, 91-98.
- Stoykov, S., Yanev, Y., Moritz, R., Fontignie, D. 2003. Petrology, Sr and Nd Isotope Signature of the Late Cretaceous Magmatism in the South-Eastern Part of Etropole Stara Planina, Srednogorie Magmatic Zone. *Ann. Univ. Min. Geol., Sofia*, **46** (this volume).
- Strashimirov, Str., Kovachev V., 1992. Temperatures of forming in copper deposits from the Srednogorie zone based on fluid inclusion studies of minerals. *Rev. (in Bulg.) Bulg. Geol. Soc.*, **53**, 2, 1 - 12
- Strashimirov Str., Petrunov R., Kanazirski M. 2002. Porphyry-copper mineralisation in the central Srednogorie zone, Bulgaria. *Mineralium deposita*, **37**, 587 - 598
- Von Quadt, A., Peytcheva, I., Kamenov, B., Fanger, L., Heinrich, C., Frank, M. 2002. The Elatsite porphyry copper deposit in the Panagyurishte ore district, Srednogorie zone, Bulgaria: U-Pb zircon geochronology and isotope-geochemical investigation of magmatism and ore genesis. In: *Blundell et al. (eds), The Timing and Location of Major Ore Deposits in an Evolving Orogen. Geol. Soc., London, Special Publ.*, **204**, 119-135.
- Vrublyanski, B., Bodourov, K., Tzankov, Tz. 1961. Contribution to the Upper Cretaceous Stratigraphy between Sofia Field and Panagjurishte (in Bulg.). *An. Dir. gen. rech. geol.*, **11**, 117-132.

*Recommended for publication by Department
of Economic Geology, Faculty of Geology and Prospecting*