

МЕТАЛОГЕНИЯ НА ЗЛАТОУСТОВСКАТА ВУЛКАНОТЕКТОНСКА ДЕПРЕСИЯ (ИЗТОЧНИ РОДОПИ)

Вл. Георгиев¹, Б. Кольковски², Н. Методиев³, П. Милованов³

¹ Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, България, E-mail: vladob9geo@yahoo.com

² Софийски университет "Св. Климент Охридски", 1000 София, България

³ НИИ Геология и геофизика АД, 1505 София, България

РЕЗЮМЕ

Златоустовската вулканотектонска депресия се заражда през палеоцена около Златоустовската дислокация. Тя е с И-З посока и разделя Харманлийския и Югоизточнородопския блок в Източните Родопи. Депресията включва, от север на юг, Лозенското понижение, Ибрѐджекския хорст, Бряговското понижение и Маджаровското стъпало. През палеоцена и еоцена се отлагат теригенни скали с които асоциират проявления на въглища. Вулканизмът се заражда в края на приабона и продължава през целия олигоцен. Той е с висококалиево-калциева и шошонитова сериалност. По Златоустовската дислокация отначало се локализира няколко вулкански апарата с кисел състав. С тях се формират проявления на зеолити. С вулкана Св. Марина асоциират полиметални проявления. С Лозенския вулкан, в Лозенското понижение, пространствено и генетично асоциира Лозенското злато-полиметално рудно поле. В Маджаровското стъпало се формира Маджаровския латитов вулкан центриран от монзонитоидна интрузия. С началните прояви на този вулкан асоциират стратифицирани манганови проявления. С финалните му изяви се образува Маджаровското злато-полиметално рудно поле. Орудвяванията са епитермални, нискосулфиден тип, предимно жилни. В югоизточната периферия се формират антимонитови проявления. През неоген кватернерния екал, предимно около Ибрѐджекския хорст, се образуват множество проявления на разсипно злато.

ВЪВЕДЕНИЕ

Златоустовската вулканотектонска депресия се разполага между Харманлийския и Югоизточнородопския блок в Източните Родопи. Тези блокове са изградени от високометаморфни скали, процепени от гранитоидни плутони с допалеогенска възраст.

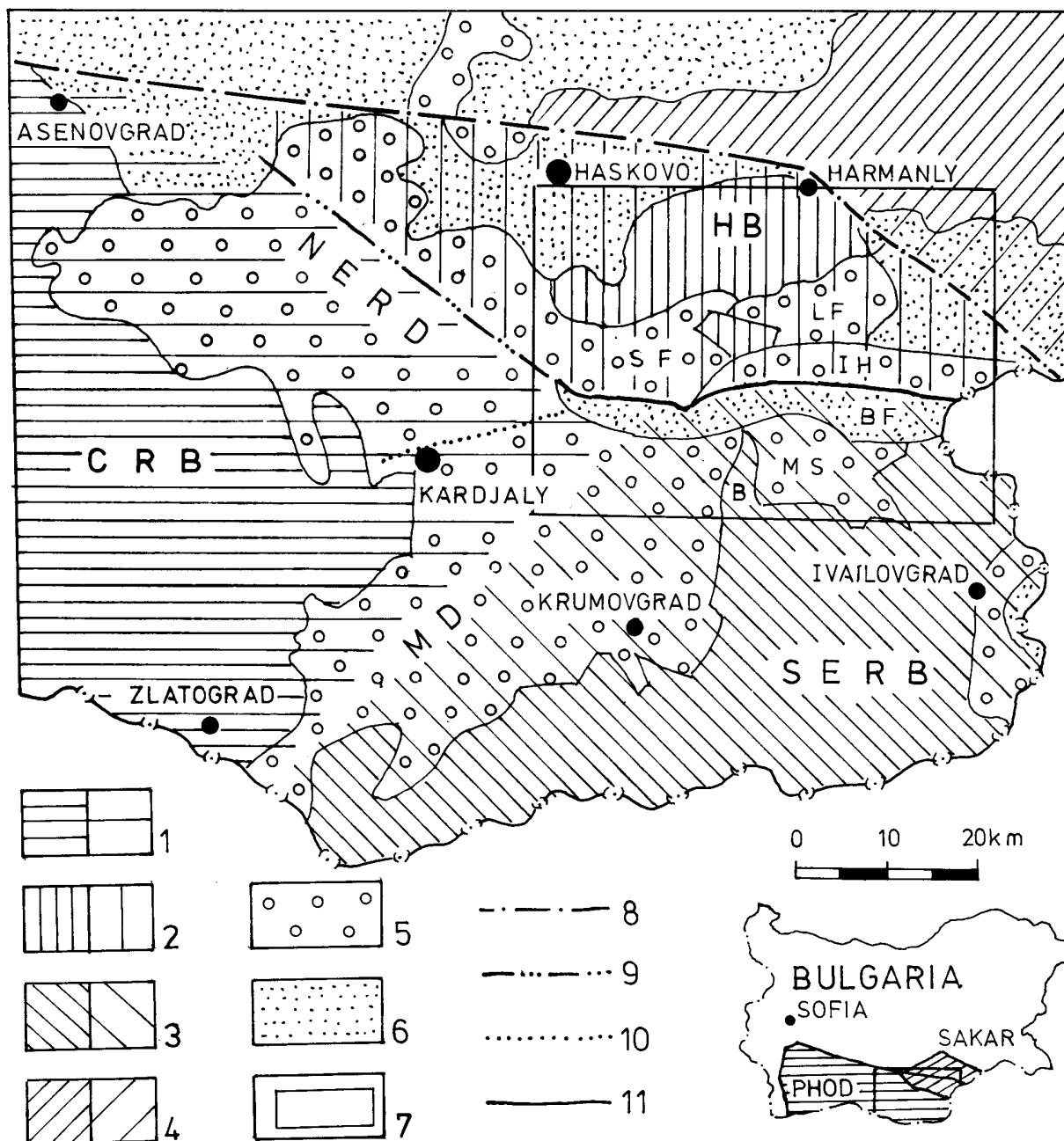
В периода късна креда-палеоген се затваря Тетиският океан (Дабовски, 1991). Настава колизия между Евразия и фрагменти от Африка. При затварянето на Тетиса към Евразия се присъединяват отделни "екзотични" фрагменти на Африканската плоча като Родопския, Сакарския, Странджанския и други.

Харманлийският блок се разглежда като елемент от Сакарския фрагмент (Боянов, 1992 и др.) а Югоизточнородопския блок като елемент от Родопския фрагмент. Границата между тези два блока се бележи от Златоустовската дислокация (фиг.1). Тя е с И-З направление и само в най-западния си край изменя посоката си на ЗСЗ. Около тази дислокация се формира и късноалпийската Златоустовската вулканотектонска депресия. Тази депресия не е описвана досега като единна структура и

включва Маджаровско стъпало, Бряговско понижение, Ибрѐджекски хорст Лозенско и Стамволовското понижение (Боянов, 1992а 1992б). Златоустовската депресия частично съвпада с Маджаровското понижение по Боянов (1971). По-късно Боянов (1992б) ограничава Маджаровското понижение до по-високоразрядна структура, която пространствено съвпада с Маджаровското стъпало в нашата схема. На запад (в района около гр. Кърджали) Златоустовската депресия се събира със Североизточнородопската и Момчилградската депресия. На изток достига до Маришката разломна зона. На север и юг се ограничава от издигнатите фундаменти съответно на Харманлийския и Югоизточнородопския блок.

ГЕОЛОЖКИ СТРОЕЖ

Зараждането на Златоустовската депресия вероятно започва през палеоцена, когато се отлагат Бисерската брекчова и Лешниковската пясъчничково-конгломератна свита (Горанов, Боянов, 1996). През приабона трансгресията в депресията продължава и суперпозиционно се формират брекчо-конгломератната, въглено-пясъчничковата и мергелно-варовиковата задруга (Горанов и др., 1992).



Фигура 1. Обзорна схема на Източните Родопи (по Йовчев и др., 1971 с допълнения). 1-Централнородопски блок (CRB); 2- Харманлийски блок (HB); 3-Югоизточнородопски блок (SERB); 4-Сакарски блок; 1а, 2а, 3а, 4а - разкритие на фундамента на съответния блок на повърхността 5-палеогенски седименти и вулканити, 6-неоген-кватернерни отложения, 7-границы на разглеждания район. 8-Маришка разломна зона; 9-Пчеларовски разломен сноп; 10-Ардинска дислокация; 11-Златоустовска дилокация; LF- Лозенско понижение; SF- Стамболовски блок; IH- Ивреджежки хорст; BF-Бряговско понижение; MS-Маджаровско стапало; В-Бряговски клин.

Началото на вулканските изяви се поставя в края на приабона. Най-рано, в периода приабон-долен олигоцен, се образуват Белипласткия риодацитов, Зимовински

риолит-риодацитов, Мезекския риолитов и Лозенския риолитов комплекс (I кисел вулканизъм).

От Белипласткия риолитов комплекс, главно около западните части на Златоустовската дислокация, са отложени туфи и туфозни варовици.

В най-западната част на Златоустовската дислокация се формира Лясковецкия вулкан, изградени от материалите на Зимовинския комплекс.

Мезекският комплекс е представен в най-източните части на Ибреджекския хорст. Тук сред киселите му туфи са образувани няколко екструзива.

Материалите на Лозенския комплекс изграждат Светамаринския вулкан в Ибреджекския хорст и Лозенския вулкан (Янев и др., 1975) в Лозенското понижение. Продуктите на този комплекс са главно в ефузивен фазиес.

През олигоцен в западната част на Златоустовската Дислокация се формира Силенският вулкан изграден от риолитите на Перперешкия комплекс (II кисел вулканизъм).

В пределите на Лозенския вулкан са внедрени и няколко по-късни фази - Черногилски трахириодацитов и Планинецки трахириолитов комплекс (II и III кисел вулканизъм). Към Черногилския комплекс се отнасят и интрузиите от диоритови порфирити.

Маджаровският вулкан се формира в южната част на депресията. Той е изграден от продуктите на Маджаровския латитов комплекс (II среднокисел вулканизъм). Отначало се отлагат среднобазични туфи, туфити и туфобрекчи с прослойки от органогенни варовици. Над тях последователно се изливат трахи-андизитобазалти, разнообразни латити, трахидацити и кварц-трахити. Тези материали изграждат елиптичен вулкански конус, изтеглен в ЗСЗ посока (фиг. 2). Той е с размери приблизително 17 на 11 км. Този значителен вулкан се съпровожда от редица по-малки паразитни и сателитни вулкански постройки. В района на гр. Маджарово се разкриват и няколко неголеми интрузивни монзонитоидни тела (Маврудчиев, 1959, 1971). Те вероятно са апофиз на по-голям интрузив в дълбочина, внедрен в основния кратер на вулкана. В снагата на Маджаровския вулкан са внедрени множество трахиандезитобазалтови, латиандезитови и латитови дайки. Повечето от тях са радиални, но част от дайките са ориентирани незакономерно.

В Бряговското понижение се отлагат седиментите на Вълчеполската задруга (олигоцен-миоцен), а в Лозенското понижение на Ахматовската свита (миоцен-плиоцен).

МЕТАЛОГЕНИЯ

С туфите на Белипласткия риодацитов, Мезекския риолитов и Перперешкия риолитов комплекс асоциират вулканогенно-седиментогенни находища на зеолити. Зеолитовите тела са пластообразни или лещообразни. Тези находища, както и вместващите ги туфи, са локализиращи около Златоустовската дислокация.

В западната част на депресията с туфите на Белипласткия (находищата Мост и Рабово) и Перперешкия комплекс (находище Перперек) се формират находища на клиноптилолитови зеолити с хлорит, селадонит и монтморилонит. В района на с Лясковец, сред туфите на Белипласткия комплекс, се формират мордернитови зеолити с аналцит и клиноптилолит (Джурова, Алексиев, 1988). С туфите на Мезекския комплекс, в източната част на Ибреджекския хорст, асоциират проявления на мордернит-клиноприлолитови зеолити с ерионит, аналцит и стилбит (Ivanova, 2001).

Със Светамаринския вулкан асоциира оловно-цинковото находище Света Марина. Минерализациите изграждат лещообразни тела сред седиментите на приабона. Отделят се три стадия на минерализация (Бресковска, Гергелчев, 1988), които според най-важните минерали в тях от нас са обозначени както следва: 1) кварц-галенит-сфалеритов (продуктивен) с второ-степенни минерали пирит и халкопирит; 2) кварц-барит-сулфосолен (ограничено проявен) - сулфосолите са обикновено тетраедрит и тенантит; 3) карбонатен (също ограничено проявен) -калцит, доломит. Посочените автори обособяват и стадий на късните сулфосоли. Става дума обаче за единични кристалчета от пирит, галенит и сфалерит върху карбонатите и явно пренадлежат към същия стадий.

С Лозенския риолитов вулкан пространствено и генетично е свързано Лозенското оловно-цинково рудно поле. Рудните тела според Бресковска и Гергелчев (1988) са два типа: полегати с жилково-впръснато орудяване залягащи послойно във вместващите ги седименти и вулканити; стръмни жилообразни тела с жилково-връснато и жилно орудяване по разломи във вулканитите. Вместващите скали са подложени на интензивна хидротермална промяна протекла почти изцяло непосредствено преди рудната минерализация. В горните нива на находището тя се изразява в аргилизация (главно монтморилонит), а в долните в промени кварц-серицитов тип.

Собствено рудната минерализация според Бресковска, Гергелчев (1988) пренадлежи към три стадия: 1) кварц-галенит-сфалеритов (кварц-сулфиден по посочените автори), продуктивен, с пирит и халкопирит като второ-степенни минерали; 2) кварц-баритов със злато (ограничено проявен); карбонатен (калцит, доломит, анкерит). Богданов (1983) приема баритовата минерализация за по-късна от карбонатната. Очертава се концентрична хоризонтална зоналност (Богданов 1983). В най-вътрешната част се отлагат Cu-Pb-Zn-ви минерализации, в междинната -Pb-Zn и в най-външната -Au-Ag.

С Маджаровския вулкан асоциира и Au-полиметалното Маджаровско рудно поле. Орудяванията са епитермални, нискосулфиден тип.

В монзонитоидните тела се наблюдава жилково-впръснат тип Cu-Mo минерализация. Тя няма съществено икономическо значение.

Полиметалните и злато-полиметалните орудявания са локализирани предимно във вътрешните (централни) части на вулкана. Това са находищата Горно поле, Арда, Момина скала, Патронка, Габерово, Радоновско, Харманка, Чаталка и Брусевци. Рудните тела са главно от жилин тип. Те са стръмни (70-90°) и повечето са радиални спрямо Маджаровския вулкан. Вместени са главно във вулканитите и частично в подстилащите ги седименти и метаморфити. Във варовиците се образуват неголеми метасоматични рудни тела.

Скалите на рудното поле са засегнати от три температурни типа хидротермални изменения: раннопредрудни, непосредствено предрудни и синрудни. Първите се изразяват в повсеместна пропилитизация на вулканитите. Към ранните метасоматити се отнасят и вторичните кварцити (интензивни аргилизити). Те изграждат концентрични зони около монзонитоидните интрузии. Във вътрешните части се наблюдават аргилизити, а по периферните зони - пропилитови изменения. Най-интензивно изменените участъци са изградени от диаспор-съдържащи алунинови кварцити и зунит-съдържащи диаспорови кварцити. Непосредствено предрудните метасоматити са околоразломни образувания и принадлежат към адулар-серицитовия тип (Velinov, Nokov, 1991). Синрудните изменения са ограничени и по-слабо изучени и се изразяват предимно в спорадична каолинизация.

Радонова (1960), Атанасов (1962), Кольковски (1971), Бресковска, Гергелчев (1988) обособяват различни по брой и състав стадии на минерализации. Нашите изследвания (Б. Кольковски) показват, че стадията са както следва: 1) спекуларит-кварцов с Au (продуктивен за Au); 2) кварц-халкопиритов (продуктивен за Cu); 3) кварц-галенит-сфалеритов с пирит и халкопирит като второстепенни минерали (продуктивен за Pb, Zn частично за Cu, Ag, Au); 4) кварц-халцидон-баритов със сребърни сулфосоли и електриум (продуктивен за Au); карбонатно-кварцов (ограничено проявен). В приповърхностните части на рудното поле от хидротермите се отлагат и минерали характерни за супергинни условия (халкофанит, вавелит, англезит и др.). Причината е смесването на хидротермални и метеорни води богати на кислород.

Описва се куполна зоналност в разпределението на орудяванията (Илиев, 1980) спрямо основната магмо- и рудоконтролираща структура - кратера на Маджаровския вулкан. Във вътрешните и по-ниските части на рудното поле доминират Pb-Zn рудни тела, а по високите и периферни участъци - златоносни рудни тела.

Маджаровското рудно поле пространствено и генетично е свързано с Маджаровския вулкан. Те имат общ корен в дълбочина и са резултат от еволюцията на една и съща магмена камера.

Между лавовите потоци по склона на Маджаровския вулкан възникват манганови (пиролузитови) рудопроявления Бориславци и Кочаш.

Антимоновото проявление Марешница се разполага на югоизток от Маджаровския вулкан. То е вместино сред брекчо-конгломератите на Крумовградската група. Минерализацията е от кварц и стибнит и в подчинено количество калцит, реалгар, пирит, пиротин (Mladenova, V., V. Luders. 2000). Тези орудявания, както е обикновено в Източните Родопи, се разполагат по периферията на депресията. Връзката им с вулканизма не е така ясно изразена и в известна степен е хипотетична. Като по-нискотемпературна минерализация вероятно е логично отлагането ѝ в по-отдалечените от вулканските апарати части.

Изветрителна кора се формирана по северната периферия на Маджаровския вулкан. С нея асоциират халуазит-каолинитовото находище Долни Главанак и проявленията Тополово, Тополово-И и Бориславци (Тодорова, 1988). В изветрителната кора над туфите от Перперешкия комплекс са образувани каолинитови и псиломелан-пиролузитови проявления. Всички те са консервирани от седиментите на Вълчеполската задруга.

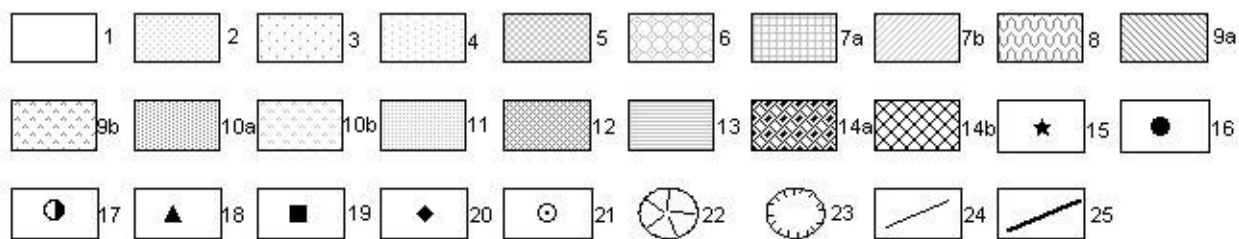
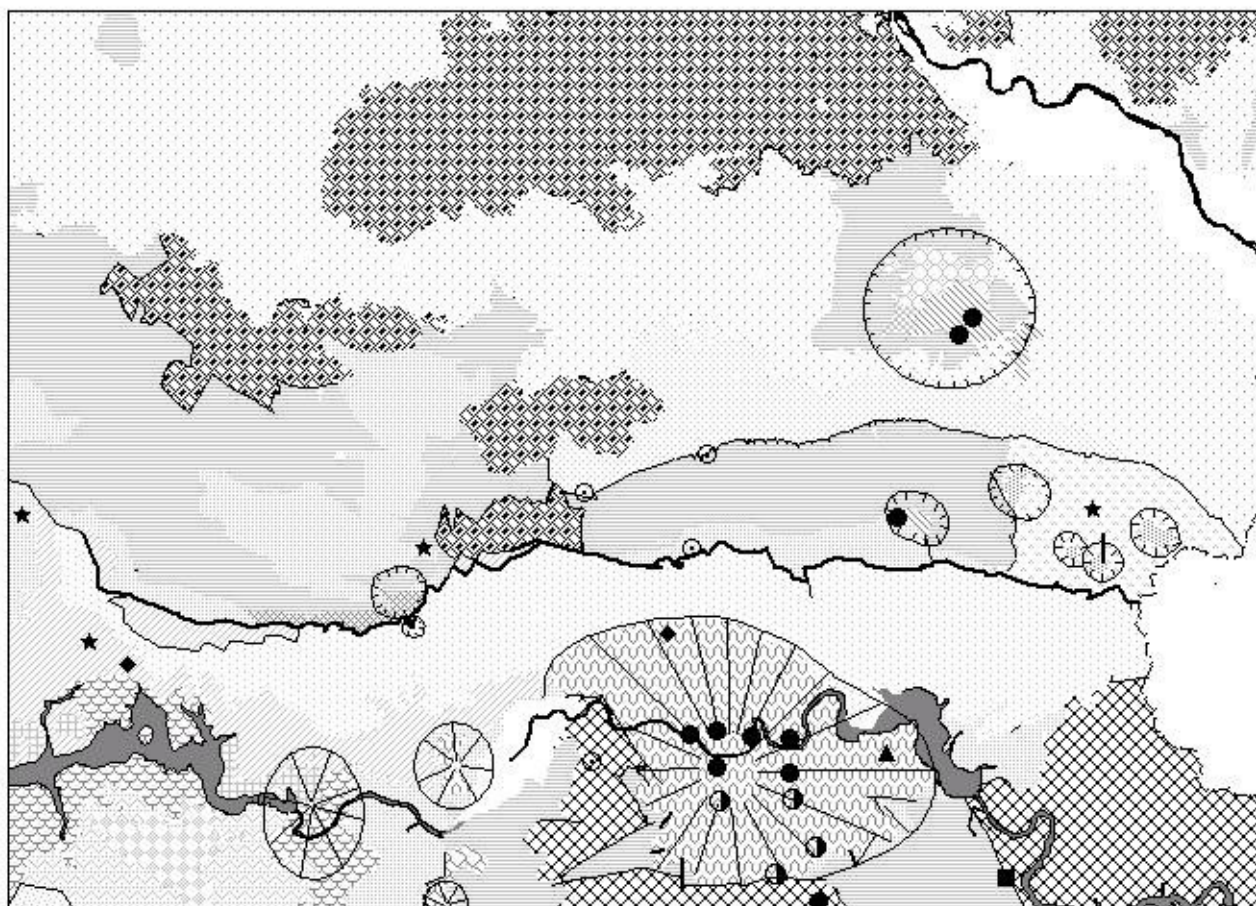
Златоносни разсипи. Формират се главно от двете страни на Ибреджекския хорст, в района на селата Тънково, Златоустово, Ефрем и др., и в пределите на Лозенското понижение. Те вероятно се образуват при разграждането на конгломератите от палеогенските седименти. По Бряговската река, в района на Бряговския клин, също се установяват златоносни разсипи. Възможно е те да са образувани за сметка диспергирано в метаморфитите злато. Тези проявления нямат икономическо значение, но ентузиазирани търсачи понякога промиват ръчно злато

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описваното циклично развитие на вулканизма в Източните Родопи с четирикратно редуване на среднокисели и кисели фази е идеализирана, абстрактна схема (Иванов, 1960, 1963; Harkovska et al., 1989 и др.). На практика в отделните вулкански постройки магматизмът обикновено еволюира от среднокисел към кисел. Вероятно съществуват няколко магмени камери със сходна, но не едновременна еволюция. Техните изяви обаче се застъпват във времето и пространството. Поради това на довърхността техните продукти често се застъпват и зацепват латерално, което създава представа за циклично развитие. Използваните тук I, II и III среднокисел и кисел вулканизъм са използвани за улеснение на читателя.

Около Златоустовската дислокация и в северната част на Златоустовската депресия е развит само кисел вулканизъм от различни фази. Тук се образуват главно находища на зеолити. Полиметалните орудявания имат подчинено значение и асоциирането им с кисели вулканити е рядък случай в природата. В южната част на депресията е развит предимно среднокисел вулканизъм. С Маджаровския вулкан асоциира Маджаровското Au-полиметално

рудно поле и манганови проявления. В този фланг на депресията се установяват и антимонитови проявления.



Фигура 2. Металогенна карта на Златоустовската вулканотектонска депресия. Кватернер: 1- алувий; 2- делувий; Миоцен-Плиоцен: 3- Ахматовска свита; Олигоцен-Миоцен: 4- Вълчеполска задруга; Олигоцен: 5-Планинецки трахириолитов комплекс; 6-Черномогилски трахириодацитов комплекс; 7- Перперешки риолитов комплекс: 7a-риолити, 7б- риолитови туфи; 8-Маджаровски латитов комплекс; Еоцен-Олигоцен: 9- Лозенски риолитов омплекс: 9a- риолити, 9б-риолитови туфи; 10- Мезекски риолитов комплекс: 10a- риолити, 10б- риолитови туфи; 11-Белипластки риодацитов комплекс - туфи; 12- Зимовински риолит-риодацитов комплекс; Палеоцен-Еоцен: 13- Палеогенски теригенен комплекс; 14- допалеогенски фундамент; Находища и проявления: 15-зеолити; 16- полиметални (Pb-Zn); 17- Au-полиметални; 18- манганови; 19-антимонитови; 20- изветрителни находища (халуазит-каолинитови, каолинитови и псиломелан-пиролузитови); 21- златоносни разсипи. Структурни елементи: 22-вулкански конус; 23- екструзии; 24- разлом; 25- Златоустовска дислокация. MV -Маджаровски вулкан; LV -Лясковецки вулкан; SV -Силенски вулкан; SMV - Света Марина вулкан; MV -Маджаровски вулкан; LZV - Лозенски вулкан.

ЛИТЕРАТУРА

- Атанасов, А. 1962. Стадии на минерализация, първична зоналност и генезис на полиметалното месторождение Маджарово.-*Год. СУ, ГГФ, геол.*, 55, 2, 229-267.
- Богданов, К. 1983. Ендогенна зоналност в Лозенското рудно поле, Източни Родопи.- *Рудообр. проц. и минер. нах.*, 18, 48-60.
- Боянов, Ив. 1971. Младопалеогенски и неогенски наложени депресии върху източната част на Източнородопския блок. - В: *Тектонски строеж на България, Техника*, 127-135.
- Боянов, И, 1992. Тектоника.- В: *Обяснителна записка към геол. карта на България в М 1:100 000, к.л. Хасково. С. КГМР*, 69-78.
- Боянов, И, 1995. Тектоника.- В: *Обяснителна записка към геол. карта на България в М 1:100 000, к.л. Крумовград и Сапе. С. КГМР*, 69-78.
- Бресковска, В., В. Гергелчев. 1988. Лозенско рудно поле: *Оловно-цинковите находища на България. С. Техника*, 127-133.
- Бресковска, В., В. Гергелчев. 1988. Маджаровско рудно поле.-В: *Оловно-цинковите находища на България. С. Техника*, 114-126.
- Горанов, Ал., Ив. Боянов, Г. Атанасов. 1992. Литостратиграфска подялба на палеогена и неогена от Източните Родопи и корелацията ѝ с палеогена и неогена от Горна Тракия.- *Год. Соф. ун., ГГФ*, 82, 1, 169-182,
- Дабовски, Хр. 1991. Съвременни концепции за еволюцията на Алпийския ороген в Източното Средиземноморие и Карпато-Балканската област.-*Сп. Геотектоника, тектонофизика и геодинамика*, 22, 45-79.
- Джурова, Е., Б. Алексиев. 1989. Зеолитови скали.-В: *Неметални полезни изкопаеми в България. С. Техника*, т. 1, 233-247
- Ivanova, R., Y. Yanev, T. Iliev, E. Koleva, T. Popova, N. Popov. 2001. Mineralogy, chemistry and ion-exchange properties of the zeolitized tuffs from the Sheinovetts caldera, Eastern Rhodores (South Bulgaria).-*Proceedings of the 13th International Zeolite Conferens, :Monpelie, France*, 8-13 July, 2001.
- Илиев, З. 1980. Типове зоналност в Маджаровското рудно поле. *Год. СУ, ГГФ, геол.*, 73, 1,
- Кольковски, Б. 1971. Пульсационна гипотеза рудообразования на примере некоторых постмагматических месторождений Болгарии.- *Геол. рудн. местор.*, 13, 6, 44-56
- Mladenova, V., V. Luders. 2000. The stibnite deposits in the Rhodopes, Bulgaria: Mineralogy and fluid inclusion study.- *In: Geodynamics and ore deposits evolution of the Alpine-Balkan-Carpatian-Dinaride province. Abstracts. p. 53.*
- Радонова, Т. 1960. Изследвания върху минералния състав и околорудните изменения на Маджаровското полиметално находище в Източните Родопи.-*Труд. геол. Б-я, сер. геохим. и пол. изкоп.*, 1, 115-197.
- Тодорова, Т. 1988. Халуазитово-каолинитови глини. В: *Неметални полезни изкопаеми в България, т. 1. изд. "Техника". С.*

Velinov, I., S. Nokov. 1991. Main types and metallogenic significance of the Madjarovo hydrothermally altered Oligocene volcanics. - *C. R. Acad. bulg. Sci.*, 44, 1991.

*Препоръчана за публикуване от
катедра "Геология и проучване на полезни изкопаеми" на ГПФ*

METALLOGENY OF THE ZLATOUSTOVO VOLCANO-TECTONIC DEPRESSION (EASTERN RHODOPE)

V. Georgiev¹, B. Kolkovski², N. Metodiev³, P. Milovanov³

¹University of Mining and Geology "St Ivan Rilski", 1700 Sofia, Bulgaria, E-mail:vlado69geo@yahoo.com

²Sofia University "St Kliment Ohridski", 1000 Sofia, Bulgaria

³Geology and Geophysics, 1505 Sofia, Bulgaria

ABSTRACT

The Zlatoustovo volcano-tectonic depression originated during the Paleocene in the area around Zlatoustovo fault zone. This fault zone trends E-W and separates Harmanli and Southeastern Rhodopes blocks in the Eastern Rhodopes. The following structures, from north to south, are divided within the Zlatoustovo depression: Lozen depression, Ibredjeck horst, Bryagovo depression and Madjarovo step. Coal occurrences are related to Paleocene and Eocene terrigenous sediments. The volcanic activity started towards the end of the Priabonian and continued during the Oligocene. The volcanics belong to the high-K Ca-alkaline and shoshonitic petrochemical series. Initially, several acid volcanoes developed along the Zlatoustovo fault zone. Zeolite deposits are related to pyroclastic varieties in these volcanoes. Polymetallic ore mineralizations associate with Sveta Marina volcano. The Lozen Au-polymetallic ore field is connected, both spatially and genetically, to Lozen volcano. The Madjarovo latite volcano, centred by a monzonitoid intrusion, developed in the area of Madjarovo step. Stratified Mn ore occurrences associate with the initial stages of the evolution of this volcano. The Madjarovo Au-polymetallic ore field is related to the final stages. The ore deposits are epithermal, of low-sulfidation type, and mainly vein-like. Sb mineralizations are located in the SE periphery of the Zlatoustovo depression. Placer gold is found in the Neogene-Quaternary sediments in the Ibredjeck horst.

INTRODUCTION

Zlatoustovo volcano-tectonic depression is situated in the Eastern Rhodopes, in the border area between two blocks – Harmanli and Southeastern Rhodopes. These blocks are built up of high-grade metamorphic rocks intruded by pre-Paleogene granitoid plutons.

The closure of the Tethys ocean in Late Cretaceous-Paleogene times (Dabovski, 1991) was followed by collision between Eurasia and African plate fragments resulting in accretion of separate "exotic" fragments of the African plate (as for example Rhodopes, Sakar, Strandja, etc.) to the southern margin of Eurasia.

The Harmanli block is considered to be a part of the Sakar fragment (Boyanov, 1992, etc.), and the Southeastern Rhodopes block - an element of the Rhodopes fragment. The boundary between these two blocks is marked by the Zlatoustovo fault zone (Fig.1) Its general trend is E-W, turning to WNW only in the westernmost parts of the structure. The Late Alpine Zlatoustovo volcano-tectonic depression developed upon and around this fault zone. This depression has not been described as a uniform structure until now. In our scheme it includes the following second-order structures: Madjarovo step, Bryagovo depression, Ibredjeck horst, Stambolovo and Lozen depression (Boyanov, 1992, 1995). The Zlatoustovo depression partly coincides with the Madjarovo depression of Boyanov (1971). Later Boyanov (1995, etc.) limited the Madjarovo depression to a high-rank structure that spatially

corresponds to the Madjarovo step in our scheme. To the west (in the area of the town of Kardjali), the Zlatoustovo depression integrates with the Northeastern Rhodopes and Momchilgrad depressions. To the east it extends to the Maritsa fault zone. To the north and south the Zlatoustovo depression is bordered by the uplifted basement of the Harmanli and Southeastern Rhodopes blocks, respectively.

GEOLOGICAL EVOLUTION

The formation of **Zlatoustovo depression** commenced probably during the Paleocene. The earliest sediments in the confines of the depressions are Biser breccia and Leshnikovo sandstone-conglomerate formation. The transgression continued during the Priabonian with deposition of breccia-conglomerate, coal-sandstone and marl-limestone units (Goranov, et al., 1992).

The volcanic activity started in the end of the Priabonian. Beli Plast rhyodacite, Zimovina rhyolite-rhyodacite, Mezek and Lozen rhyolite complexes (I acid volcanism) were the earliest volcanic sequences formed in Priabonian-Rupelian times.

Tuffs and tuffaceous limestones, referred to Beli Plast complex, were deposited to the west, around Zlatoustovo fault zone.

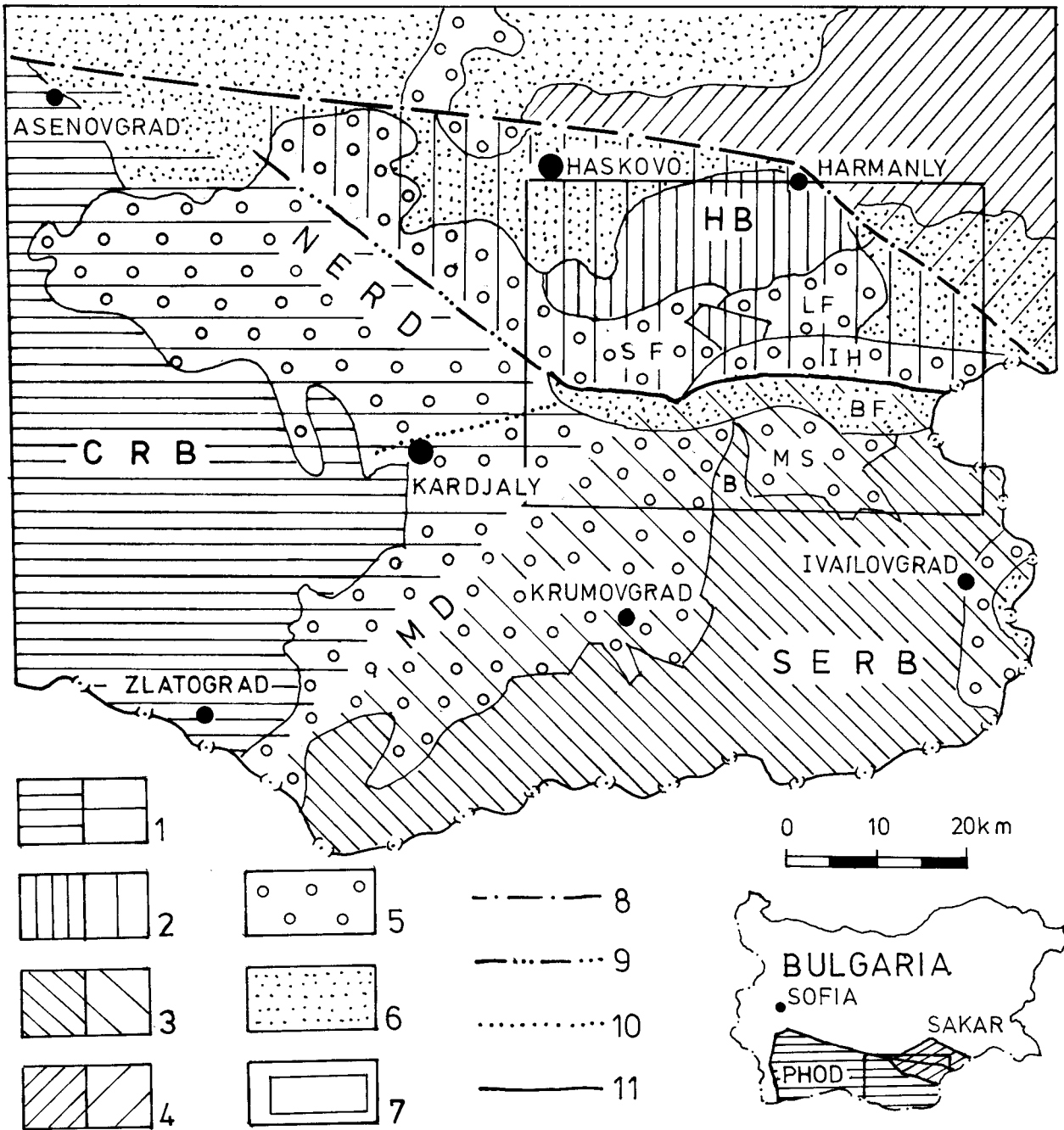


Figure 1. Generalised geological map of the Eastern Rhodopes (after Iovtchev et al., 1971, modified). 1 - Central Rhodopes block; 2 - Harmanli block; 3 - Southeastern Rhodopes block; 4 - Sakar block; 1a, 2a, 3a, 4a - surface exposures of the basement of the respective blocks; 5 - Paleogene sediments and volcanics; 6 - Neogene-Quaternary deposits; 7 - boundaries of the studied area; 8 - Maritsa fault zone; 9 - Pchelarovo fault set; 10 - Ardino fault; 11 - Zlatoustovo fault zone.

Lyaskovets volcano, comprising the rocks of Zimovina complex, was formed in the westernmost parts of the Zlatoustovo depression.

Mezek complex is located in the easternmost parts of the Ibredjeck horst where together with acid tuffs some extrusive bodies were also formed.

The effusive rocks of Lozen complex build up Sveta Marina volcano in the Ibredjeck horst as well as Lozen volcano (Yanev, et al., 1975) situated within the Lozen depression.

Silen volcano, composed of the rhyolites of Perperek complex (II acid volcanism), is located in the western parts of Zlatoustovo depression. Some later phases of this volcano are established in the area of Lozen volcano. These are Cherna

Mogila trachyrhodacite and Planinets trachyrhyolite complexes (II and III acid volcanism) as well as some diorite-porphyrite bodies of Cherna Mogila complex that intrude the rocks of Lozen volcano.

Madjarovo volcano is located in the southern parts of the depression. It is formed of the rocks of Madjarovo latite complex (II intermediate volcanism). Intermediate tuffs, tuffites, and tuff-breccias interbedded with reef limestones were deposited during the earliest stages. Later followed eruptions of trachybasaltic andesites, various latites, trachydacites and quartz-trachytes. They form an elliptic volcanic edifice (17x11 km) elongated in WNW direction (Fig. 2). This large volcano associates with numerous smaller satellite and parasitic volcanic cones. In the vicinity of the town of Madjarovo, few relatively small intrusive bodies are also found (Mavrudchiev, 1959). They are probably parts of a larger intrusion, emplaced in the main magma conduit that fed the Madjarovo volcano. The volcanic cone is cut by numerous dykes of trachybasaltic-andesite, latiteandesite and latite compositions. Most of them are radial, but some are randomly oriented.

Valche Pole unit (of Oligocene-Miocene age) was deposited within the Bryagovo depression, and Ahmatovo Formation (Miocene-Pliocene) - in the Lozen depression.

METALLOGENY

Volcano-sedimentary zeolite deposits are related to the tuffs of the Beli Plast rhyodacite and, to a lesser extent, to the tuffs of the Mezek and Perperok rhyolite complexes. The zeolite-bearing bodies are stratum- or lens-like. These deposits, as well as the hosting tuffs, are located around the Zlatoustovo fault zone. In the western part of the depression, there are deposits of clinoptilolite (associated with chlorite, celadonite and montmorillonite) related to the pyroclastics of Beli Plast (Most and Rabovo deposits) and Perperok (Perperok deposit) complexes. In the area of Lyaskovets village, the tuffs of the Beli Plast complex are mordenitized and contain analcime and clinoptilolite (Djourova and Aleksiev, 1988). Mordenite-clinoptilolite zeolites, accompanied by erionite, analcime and stilbite, occur in acid tuffs of the Mezek complex in the eastern parts of the Ibredjeck horst (Ivanova, et al., 2001).

Sveta Marina lead-zinc deposit is closely associated with the volcano of the same name. The ore mineralizations form stratum- or lens-like bodies within the Priabonian sediments. The following stages of mineralization are recognised on the basis of the most important minerals (Breskovska and Gergelchev, 1988): 1) quartz-galena-sphalerite with minor pyrite and chalcopyrite; 2) quartz-barite-sulfosalts (with restricted distribution) – the sulfosalts are tetrahedrite and tennantite; 3) carbonate (also locally present) - calcite, dolomite. The authors, cited above, described also a stage of later sulfosalts, but they are represented by separate pyrite, galena and sphalerite crystals over carbonates and probably belong to the carbonate stage.

The Lozen lead-zinc ore field is related, spatially and genetically, to the Lozen rhyolite volcano. According to Breskovska and Gergelchev (1988), the ore bodies are of two types: shallowly dipping veinlet-disseminated ore mineralizations interbedded with sediments and volcanics; and fault-hosted steeply dipping vein-like bodies of veinlet-disseminated and vein type ore mineralizations. The ore-hosting rocks were affected by intensive hydrothermal alteration prior to the ore mineralization. The alteration in the upper parts of deposits is argillization (mainly montmorillonite), and in the lower levels it is of quartz-sericite type.

According to Breskovska and Gergelchev (1988), the ore mineralization was formed in three stages: 1) quartz-galena-sphalerite (or quartz-sulphide) – the productive stage, with pyrite and chalcopyrite as subordinate minerals; 2) quartz-barite with gold (of restricted distribution); and 3) carbonate (calcite, dolomite, ankerite) stage. According to Bogdanov (1983) the barite mineralization is later than the carbonate one. Concentric horizontal zonality in the spatial distribution of ore mineralization was described (Bogdanov, 1983): Cu-Pb-Zn mineralizations concentrate in the outermost parts, Pb-Zn – in the middle and Au-Ag mineralizations - in the outermost parts of the deposit.

Madjarovo polymetallic and gold-polymetallic ore field. Veinlet-disseminated type copper-molybdenum mineralization of non-economic significance occurs within the monzonitoid bodies in Madjarovo volcano.

Polymetallic and gold-polymetallic ores are localized mainly in the inner (central) parts of the volcano (Gorno Pole, Arda, Momina Skala, Patronkaya, Gaberovo, Radonovsko, Harmankaya, Chataalkaya and Brusevtsi deposits). The ore bodies are of vein type, steeply dipping (70-90°) and most of them are radial with respect to the Madjarovo volcano. They are located mainly within the volcanics and locally - in the sedimentary and metamorphic rocks from the basement of the volcano. Small metasomatic bodies are hosted in limestones.

The host rocks of the ore field rocks are affected by three temporal types of hydrothermal alterations: early pre-ore, pre-ore, and syn-ore. The first type is a regional propylitization of the volcanic rocks. Secondary quartzites (advanced argillizites) are also related to the first type. They form concentric zones around monzonitoid intrusions: the alterations in the inner parts are of argillizite type, propylites are established in the peripheries and the most intensively altered parts are converted to diaspor-bearing alunite-quartzites and zunyit-bearing diaspor-quartzites. Pre-ore metasomatics are restricted along faults and belong to the adularia-sericite type (Velinov and Nokov, 1991). The syn-ore alteration is represented by sporadic kaolinization and is poorly studied.

Various in number and composition stages of ore mineralization have been distinguished by different authors (Radonova, 1960; Atanasov, 1962; Kolkovski, 1971; Breskovska and Gergelchev, 1988). Our studies suggest five mineralization stages: 1) specularite-quartz with gold (productive for Au); 2) quartz-chalcopyrite (also productive for Au); 3) quartz-galena-sphalerite with pyrite and chalcopyrite as

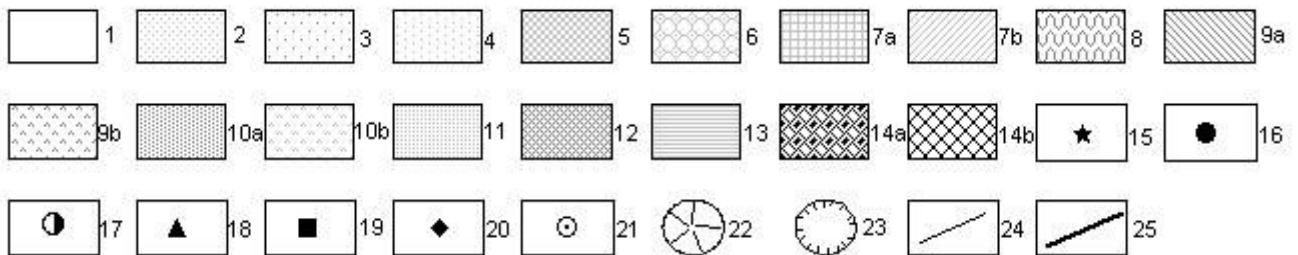
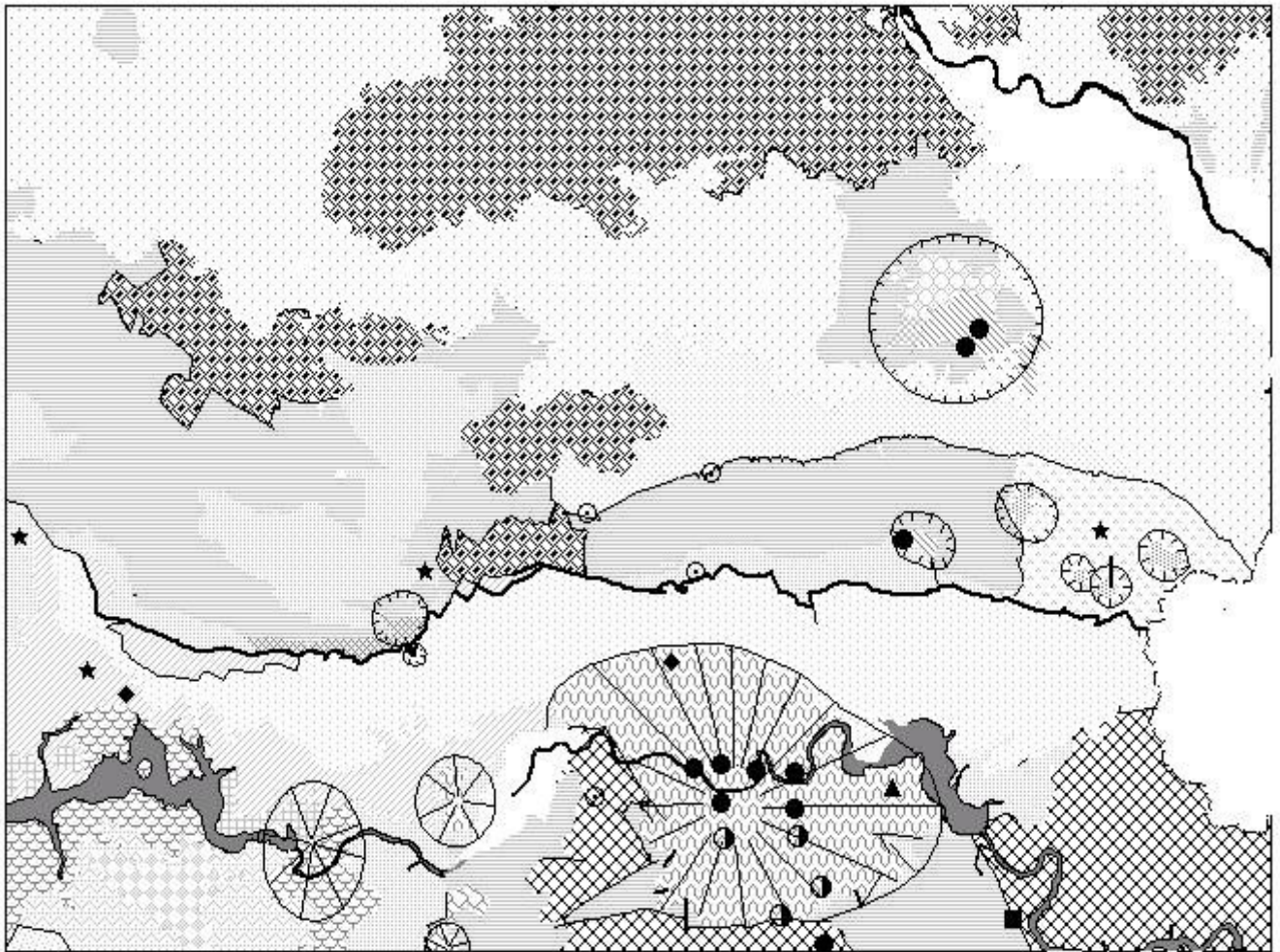


Figure 2.. Metallogenetic map of the Zlatoustovo volcano-tectonic depression. Quaternary: 1- alluvium; 2- proluvium; Miocene-Pliocene: 3-Ahmatovo Formation; Oligocene-Miocene: 4-Valche Pole Formation; Oligocene: 5- Planinets trachyrhyolite complex; 6- Cherna Mogila trachyrhyodacite complex; 7-Perperek rhyolite complex: 7a- rhyolite; 7b- tuffs; 8-Madjarovo latite complex; Eocene-Oligocene: 9-Lozen rhyolite complex: 9a- rhyolite; 9b- tuffs; 10-Mezek rhyolite complex: 10a- rhyolite; 10b- tuffs; 11-Beli Plast rhyodacite complex - tuffs; 12- Zimovina rhyolite complex; Paleocen- Eocene: 13-Paleogene sedimentary complexes; 14-pre-Paleogene basement; Ore deposits: 15- Zeolite; 16- Polymetallic (Pb-Zn); 17- Gold-polymetallic; 18- Manganese (pyrolusite); 19- Antimony; 20-Weathering deposits (halloysite-kaolinite, kaolinite, psilomelane-pyrolusite); 21-Placer gold; 22-Volcanic cone of the Madjarovo volcano; 23-extrusive bodies; 24- fault; 25- Zlatoustovo fault zone; MV -Madjarovo volcano; LV -Liaskovo volcano; SV -Silen volcano; SMV - Sveta Marina volcano; MZV - Mezek volcano; LZV - Lozen volcano **Placer gold** is found both to the north and south of the Ibredjeck horst, in the areas of the villages of Tankovo, Zlatoustovo, Efrem, etc., and within the Lozen depression. They might have resulted from the destruction of the coarse-grained sediments that build up a large part of the horst. Au-bearing placers are identified along Bryagovska River and they could have formed at the expense of the gold dispersed in the metamorphic rocks exposed near by. Non of these occurrences is of economic significance.

subordinate minerals (productive for Pb, Zn, and to some extent for Cu, Ag, and Au); 4) quartz-chalcedony-barite with Ag-sulfosalts and electrum (productive for Au); and 5) carbonate-quartz (locally present). In the surface parts of the ore field, the hydrothermal solutions produced minerals, typical of supergenic conditions (chalcophanite, wavellite and anglesite). This was probably caused by mixing of hydrothermal and rich in oxygen meteoric solutions.

A dome-like zonality in the distribution of ore mineralizations has been described around the main magmatic and ore-controlling structure - the vent of the Madjarovo volcano (Iliev, 1980). The predominating ore mineralizations in the inner and lower parts of the ore field are Pb-Zn, while Au-bearing dominate in the upper and peripheral parts of the deposit

Madjarovo ore field is related both spatially and genetically to the Madjarovo volcano. They have a common source in depth and both result from the evolution of one magma chamber.

Manganese (pyrolusite) ore occurrences (Borislavtsi and Kochash) form beds or networks of tiny veinlets in lava flows on the slopes of Madjarovo volcano. The gold-polymetallic Madjarovo ore field is also associated with this large volcano. The ore mineralizations are epithermal, of low-sulfidation type.

The Mareshnitsa antimony occurrence is situated to the southeast of the Madjarovo volcano. It is hosted in breccia-conglomerates of the Krumovgrad Group. The ore mineralization consists of quartz and stibnite as well as minor calcite, realgar, pyrite and pyrrotite (Mladenova and Ljiders, 2000). This mineralization, as usual in the Eastern Rhodopes, is located in the periphery of the depression. Its connection with the volcanism is not so clear and is, to a certain extent, hypothetical. As a more low-temperature mineralization, it seems to be formed at a greater distance from the volcanic edifices.

The halloysite-kaolinite deposit of Dolni-Glavanak, as well as some occurrences of this type (Topolovo, Topolovo-E and Borislavtsi) are related to weathering crusts formed upon the northern periphery of the Madjarovo volcano (Todorova, 1988). In the weathering zone of the tuffs of Perperek complex, kaolinite and psilomelane-pyrolusite mineralizations were formed. All of them are covered by sediments of the Valche Pole unit which contains coal occurrences.

CONCLUDING REMARKS

The cyclic evolution of the volcanism in the Eastern Rhodopes, that is believed to be a four-fold alternation of intermediate and acid phases (Ivanov, 1960, 1963; Harkovska, et al., 1989, etc.), is an idealised and abstract scheme. In fact, the magmatic activity usually evolved from intermediate to acid in the individual volcanic edifices. Several magmatic chambers with similar, but not contemporaneous development might have existed. Their activities overlapped in space and time and that is why their products at the surface overprint and interfinger laterally, creating the impression of a cyclic

evolution. Thus, the idea of the existence of several alternating phases (I, II, etc.) of intermediate and acid volcanism is used here for the readers' convenience.

Only acid volcanism belonging to different phases occurred around the Zlatoustovo fault zone and in the northern parts of the Zlatoustovo depression where mainly zeolite deposits are localized. There, polymetallic ore mineralizations are of subordinate significance and their association with acid volcanics is a quite unusual case in nature. Mainly intermediate volcanism developed in the southern parts of the depression where Madjarovo Au-polymetallic ore field and some Mn mineralizations associate with the Madjarovo volcano. Sb mineralizations are also identified.

REFERENCES

- Atanasov, A., 1962. Mineralization stages, primary zoning and genesis of the complex ore-deposit of Madjarovo. - *Ann. Univ. Sofia, Geol.-Geogr. Fac.*, 55, 2 (in Bulgarian with an English abstract), 229-267.
- Bogdanov, K., 1983. Endogene zonality in the Lozen Ore Field, Eastern Rhodope Mountains. - *Ore-form. Proc. and Miner. Dep.*, 18 (in Bulgarian with an English abstract), 48-60.
- Boyanov, I., 1971. Young Paleogene and Neogene depressions superimposed on the East Rhodope Block. - Sofia, "Tectonic structure of Bulgaria" (in Bulgarian), *Tehnika*, 127-135.
- Boyanov I., 1992. Tectonics. - *Explanatory note to the geological map of Bulgaria on scale: 1:100 000; Haskovo map sheet. Com. Geol. and Min. Res.* (in Bulgarian), 69-78.
- Boyanov I., 1995. Tectonics. - *Explanatory note to the geological map of Bulgaria on scale: 1:100 000; Krumovgrad and Sape map sheet. Com. Geol. and Min. Res.* (in Bulgarian), 69-78.
- Breskovska, V., Gergelchev, V., 1988. Lozen Ore Field. - Sofia, "The lead-zinc deposits in Bulgaria" (in Bulgarian) *Tehnika*, 127-133.
- Breskovska, V., Gergelchev, V., 1988. Madjarovo Ore Field. - Sofia, "The lead-zinc deposits in Bulgaria" (in Bulgarian), *Tehnika*, 114-126
- Goranov, A., Boyanov, I., Atanasov, G., 1992. Lithostratigraphic subdivision of the Paleogene and Neogene in the East Rhodopes and its correlation with the Paleogene and Neogene in Upper Thracia. - *Ann. Univ. Sofia, Geol.-Geogr. Fac.*, 82, 1 (in Bulgarian with an English abstract), 169-182.
- Goranov, A., Popov, S., 1989. Perlites. - Sofia, "Non-metallic mineral deposits in Bulgaria. Vol. 2" (in Bulgarian), *Tehnika*, 62-79.
- Dabovski, C., 1991. Modern concepts on the evolution of the Alpine orogen in the Eastern Mediterranean and the Carpathian-Balkan area. A review and some problems of Bulgarian geotectonics. - *Geotect., Tectonophys. and Geodynam.*, 22 (in Bulgarian with an English abstract), 45-79.
- Djourova, E., Aleksiev, B., 1989. Zeolitic Rocks. - Sofia, "Non-metallic mineral deposits in Bulgaria. Vol. 1", (in Bulgarian), *Tehnika*, 233-247.

- Harkovska, A., Y. Yanev, P. Marchev. 1989. General features of the Paleogene orogenic magmatism in Bulgaria. *Geol. Balcanica.*, 19, 1, 37-72.
- Iliev, Z., 1980. Types of zoning in the Madjarovo Ore Field. - *Ann. Univ. Sofia, Geol.-Geogr. Fac., 1-geol.*, 73, 1 (in Bulgarian with an English abstract), 79-89.
- Ivanov, R., 1960. Magmatism in the Eastern Rhodope Paleogene depression. Part I-Geology. - *Trudove Geol. Bulg., Seria Geohim. and Polez. Izkop.*, 1 (in Bulgarian with a German abstract), 311-387.
- Ivanov, R., 1963. Magmatism in the Eastern Rhodope Paleogene depression. Part II-Petrochemical evolution and provincial peculiarities. - *Trudove Geol. Bulg., Seria Geohim., Miner. and Petrogr.*, 4 (in Bulgarian with an English abstract), 297-323.
- Ivanova, R., Yanev, Y., Iliev, Tz., Koleva, E., Popova, T., Popov, T., 2001. Mineralogy, chemistry and ion-exchange properties of the zeolitized tuffs from the Sheinovets caldera, Eastern Rhodopes (South Bulgaria). - *Stud. Surf. Sci. Catal.*, 135, 95-103.
- Kolkovski, B., 1971. Hypothesis of pulsing ore formation by example of some post-magmatic ore deposits in Bulgaria. - *Geol. of Ore Dep.*, 13, 6 (in Russian), 44-56.
- Mavrudchiev, B., 1959. Upper Oligocene intrusions from the Madjarovo ore district. - *Ann. Univ. Sofia, Biol.-Geol.-Geogr. Fac.*, 52, 2-geol. (in Bulgarian with an English abstract), 251-300.
- Mladenova, V., Ljiders, V., 2000. The stibnite deposits in the Rhodopes, Bulgaria: Mineralogy and fluid inclusion study. - *Geodynam. and Ore Deposits evolution of the Alpain-Balkan-Carpatian-Dinaride province*. Abstracts. p. 53.
- Radonova, T., 1960. Investigations on mineral composition and hydrothermal alterations in Madjarovo deposit, Eastern Rhodopes. - *Trudove Geol. Bulg., Seria Geohim. and Polez. Izkop.*, 1 (in Bulgarian with a German abstract), 115-197.
- Todorova, T., 1988. Halloysite-kaolinite clays. - Sofia, "Non-metallic mineral deposits in Bulgaria. Vol. 1" (in Bulgarian), *Tehnika*, 72-78.
- Velinov, I., Nokov, S., 1991. Main types and metallogenic significance of the Madjarovo hydrothermally altered Oligocene volcanics. - *C. R. Acad. bulg. Sci.*, 44, 9, 65-68.
- Yanev, Y., Harkovska, A., Mavrudchiev, B., Velchev, Ts, Nojarov, P., Damyanov, D., 1975. Lozen Paleogene volcano and its relationship with the deep structure of the Eastern Rhodopes. - *Geohim., Miner. and Petrol.*, 2 (in Russian with an English abstract), 90-101.

Recommended for publication by Department
of Economic Geology, Faculty of Geology