

АЛПИЙСКА ГЕОТЕКТОНСКА ЕВОЛЮЦИЯ И МЕТАЛОГЕНИЯ НА ИЗТОЧНАТА ЧАСТ ОТ БАЛКАНСКИЯ ПОЛУОСТРОВ

Петко Попов

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", София 1700, България, E-mail: kpopov@staff.mgu.bg

РЕЗЮМЕ

В алпийската еволюция на източната част на Балканския полуостров се разграничават няколко последователни стадия. Те се бележат от различни геотектонски обстановки: интраконтинентален рифтинг, океански спрединг, субдукция, ранна колизия, интраколизионен рифтинг, късна колизия, постколизионна орогенеза. През интраконтиненталния рифтинг се формира Странджанската металогенна зона и Кремиковския рудно поле. По време на спрединга възниква офиолитовия комплекс и асоцииращите с него минерални находища на Вардарската металогенна зона, а на континенталния шелф се формират седиментни железорудни находища. Във връзка с ранните колизионни гранитоиди се обособява Пирин-Родопската металогенна зона. В резултат на интраколизионен рифтогенезис се формира Апусени-Банат-Тимок-Средногорската, а по северния борд на рифта – Западнобалканската металогенна зона. По време на постколизионната орогенеза възникват Трансбалканската и Циркумчерноморската металогенна зона.

ВЪВЕДЕНИЕ

Източната част на Балканския полуостров, с изключение на Мизийската платформа, принадлежи на Алпо-Хималайския тектонски пояс. Балканидната тектонска система е развита на територията на североизточния континентален борд на Вардарския палеоокеан. На изток тя е свързана с Понтидите, а на северозапад - с Карпатската система. Същевременно на запад Балканидната система е спрегната с Динаридната, която е развита във връзка с еволюцията на Динаридния палеоокеан.

В настоящата статия, Родопите и съответните части от Сръбско-Македонския масив се разглеждат в рамките на Балканидната система, заедно с Балканидните структури в тесен смисъл (Стара пл., Предбалкан и Средногорие).

За алпийската еволюция на изследваната територия са лансирани редица плейттектонски модели [Dewey et al. 1973; Grubic, 1974, 1980; Vocaletti et al. 1974; Karamata, 1974; Hsu et al. 1977; Bogdanov et al. 1977; Popov, 1981, 1996; Robertson and Dixon, 1984; Boyanov et al. 1989; Dabovski et al. 1991; Гочев, 1991; Popov et al. 1997 и много други]. Новите данни позволяват да се предложи нов, по-перфектен модел за алпийската еволюция на Балканидната тектонска система, който е подобен на цикъла на Уилсън. Последователната проява редица различни тектонски обстановки маркира отделните стадии в тази еволюция: интраконтинентален рифтинг; океански спрединг; субдукция; ранна колизия; интраколизионен рифтинг; късна колизия; постколизионна орогенеза.

Алпийската металогенна на източната част от Балканския полуостров се характеризира от голямо разнообразие от различни генетични типове минерални

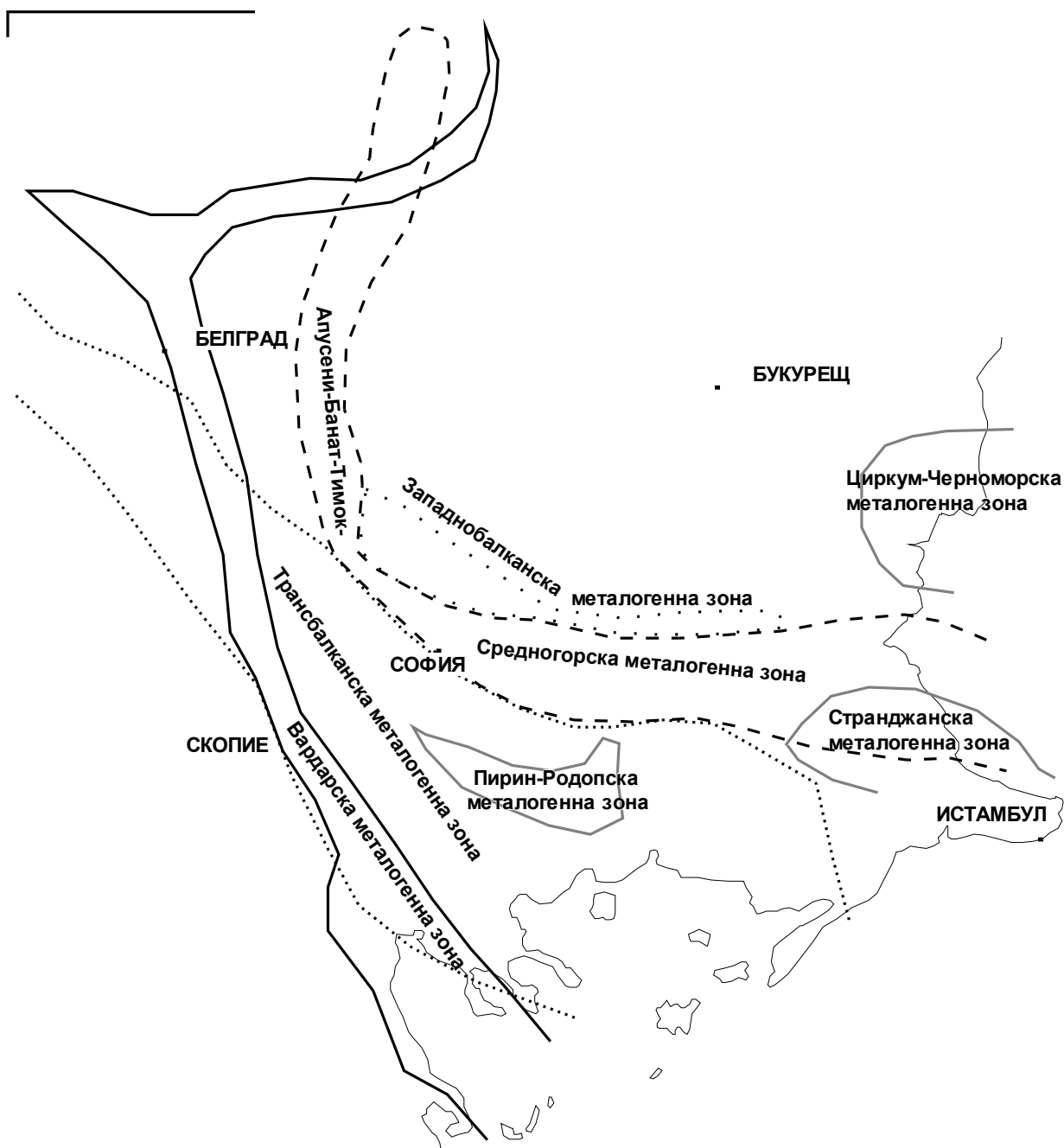
находища. Те са образувани в резултат на последователното развитие на различни геотектонски обстановки и характерните за тях магмени, седиментни и рудообразователни процеси. Разграничават се Странджанска, Вардарска, Пирин-Родопска, Апусени-Банат-Тимок-Средногорска, Западнобалканска, Трансбалканска и Циркум-Черноморска металогенни зони.

В началото на алпийската еволюция, след раннопалеозойската субдукция и херцинската колизия [Хайдутков, 1991], континенталните масиви на Европа (Мизийската платформа) и Африка (Родопски, Сръбско-Македонски, Пелагонийски и т.н. блокове) са свързани в единен континент. Това обстоятелство се маркира от развитието на горнокарбонско-пермските епиконтинентални моласови отложения.

В края на перма и началото на триаса в изследваната територия се установява квазоплатформена обстановка. Тя се отличава с ниска тектонска активност, относително загладен релеф, както и от раннотриаските континентални и средно-горнотриаските карбонатни отложения. Алпийската тектонска активизация стартира в рамките на ограничени райони и постепенно включва по-обширни територии.

ОБСТАНОВКА НА ИНТРАКОНТИНЕНТАЛЕН РИФТИНГ И АСОЦИИРАЩИТЕ МИНЕРАЛНИ НАХОДИЩА

Интраконтиненталното рифтообразуване бележи първия стадий на алпийската еволюция. Тя се осъществява главно през триаса по протежение на Пиндос-Динарската зона в западната част на полуострова. В този ареал тя се



Фигура 1. Главни алпийски металогенни единици в източната част на Балканския полуостров.

бележи от развитието на базалт-андезит-дацитов, спилит-кератофиров и габро-диорит-гранодиорит-гранитов комплекси, както и от асоцииращите Zn Pb, Cu, Ba, Fe, Mn и т.н. находища от различен тип.

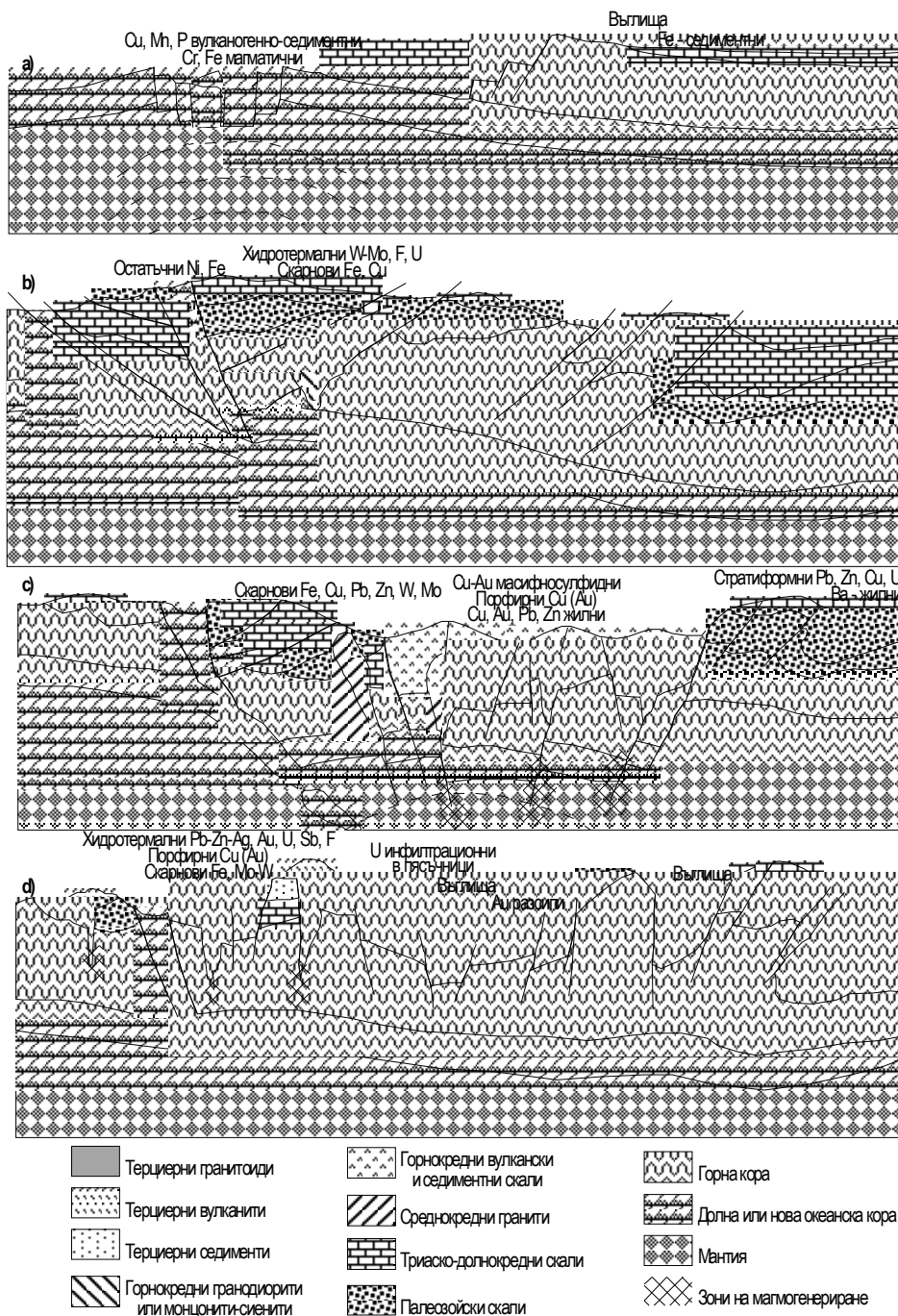
Алохтона в региона на Странджа е изграден от метаморфозирани в зеленошистен фациес триаски теригенно-карбонатни седименти и асоцииращите с тях базични вулкански скали. Те манифестират проявата на интраконтиненталното рифтообразуване в югоизточната част на Балканския полуостров. Тези скали и свързаните с тях минерални находища маркират развитието на **Странджанската металогенна зона**. Понастоящем се разкрива само част от тази зона. С триаските зелени шисти и метадибази асоциират няколко вулканогенно-седиментни медно-оловно-цинкови масивно сулфидни находища като Карцалево, Раево, Керемидото и т.н. Те са разположени в

рамките на **Грамаиковското рудно поле**. Освен това в региона са установени и няколко рудопроявления на илменит-магнетитови шисти.

Интраконтинентално ритообразуване се осъществява и в Източна Стара планина, където се бележи от формирането на един флишки трог. По това време се проявяват редица разломи със същата посока и ограничени базалтови ерупции в Западния Балкан. Първичната железорудна минерализация в **Кремиковското рудно поле** най-вероятно е формирана при хидротермално-седиментните процеси възникнали в резултат на високата температурна аномалия свързана с тази обстановка.

Вероятно с разглежданата обстановка е свързано и образуването на няколко пластообразни медно-уранови

находища в пермските (Смоляновци) и триаските (Дойкинци в И Сърбия) пясъчници.



Фигура 2. Модели на различните тектонски обстановки и позиция на минералните находища: а) спрединг; б) ранна колизия; в) интраколизионен рифтинг; г) постколизионен ороген.

ОБСТАНОВКА НА ОКЕАНСКИ СПРЕДИНГ И АСОЦИИРАЩИТЕ МИНЕРАЛНИ НАХОДИЩА

Океанският спрединг отбелязва втория стадий от алпийската еволюция. Този спрединг определя цялостното разкъсване на континенталната земна кора и образуването на Мезозойския Тетис през юрата. Тези събития се осъществяват по протежение на съвременната долина на р. Вардар, като продължават на север по линията Крагуевац-Белград. В резултат се образува Вардарския палеоокеан. Формира се магматична асоциация от офиолитов тип [Karamata 1975]. Във Вардарския офиолитов комплекс добре се разграничават три главни подразделения: 1 - Перидотитова свита в основата (с малки дунитови и лерцолитови тела); 2 - Диференцирани магматични кумулати; 3 - Кремъчно-диабазова свита с асоцииращите теригенни седименти, включително интрузиви от габро, по-рядко диорити и гранодиорити. Същевременно на североизток изследваната територия се характеризира като континентален шелф.

Развитието на Вардарския офиолитов комплекс, както и на типичните рудни находища асоцииращи с него, дефинират **Вардарската металогенна зона**. Най-важни са подформните хромитови находища, свързани предимно с дунитовите разновидности от юрските ултрабазитови интрузиви. Орудяването е представено от рудни с лещи, пластини, гнезда, по-рядко от рудни тръби или шлири. Най-големите находища са локализиращи в района на Люботен (Рашка), близо до гр. Скопие (Нада, Ораше, Кафе-Оджак, Станковац и т.н.). Хромоворудните находища в планината Копаоник се намират в районите Йелица (Рудна коса, Перет), Търнава (Велика чукара, Голица), Троглав (Малиняк, Влайков превой) и Велуче. В района на Лояне-Прешево по-главни находища са Островица, Фърли Камен, Флорина и Локи Кеч. Също така са известни и няколко рудопроявления в района на Халкидики.

Магматичните магнетитови находища са редки. Те са представени от находището Липовац (ЮИ от Аранджеловац), свързано със Шумадийските харцбургити.

Форстеритови находища са установени в Копаонишкия (Поляне – СИ от Рашка) и Голешкия (Медведице – ЮЗ от Прищина) ултрабазитови масиви.

С Кремъчно-диабазовата формация са свързани вулканогенно-седиментни медни, манганови и фосфоритови находища. Медни масивносулфидни находища от Кипърски тип са широко разпространени северно и южно от гр. Чачак (Сърбия). Типични представители на този тип са масивносулфидните и жилково-впръснатите руди в находищата Тополишница, Станча, Шевуля, Лайковича, Речица, Наваковича и Ребел. Стратиформните манганови находища, като Драче (С от Крагуевац) са по-редки. Няколко фосфоритови проявления от конкреционен тип се

намират между градовете Крагуевац и Топола (Шумадийски район).

По време на стадия на океански спрединг, в различни ареали от континенталния шелф се формират редица седиментни железорудни находища. Те са локализиращи в долно-средноюрските карбонатно-теригенни седиментни скали в Троянския руден район от Централния Балкан, а също така в териториите на Западния Балкан, Страджа и Краището.

ОБСТАНОВКА НА СУБДУКЦИЯ И АСОЦИИРАЩИТЕ МИНЕРАЛНИ НАХОДИЩА

Затварянето на Вардарския палеоокеан през края на юрата и началото на кредата маркира третия стадий на алпийската еволюция. Океанската кора субдуктира на североизток под активната окрайнина на Европа и иницира възникването на нов магматичен фронт. По линията Халкидики-Щип се внедряват редица гранитоидни тела. По това време в Балканидите се развива заддъгов басейн от флишки тип (Ниш-Троянския трог по Начев и Янев [1980]).

Със субдукционния тип гранитни интрузиви по източния борд на Вардарския океан не са установени прояви на рудни находища. Въз основа на данни за абсолютна възраст, Скендеров и др. [1986] предполагат, че оловно-цинковите, баритовите и урановите находища от Устремското рудно поле (ЮИ България) са формирани през разглеждания стадий.

РАННОКОЛИЗИОННА ОБСТАНОВКА И АСОЦИИРАЩИТЕ МИНЕРАЛНИ НАХОДИЩА

Ранната колизия, която бележи четвъртия стадий от алпийската еволюция, протича през ранната креда. Осъществяват се интензивно нагъване и разломяване, което е концентрирано предимно в две зони. Първата от тях се маркира от навлачните структури в Сръбско-Македонската и Краищидната области, Югоизточните Родопи и Странджа планина. Някои от алохтонните тела включват обдукцирани офиолитови пластини. Втората зона се проследява около Мизийската платформа в Предбалкана и Стара планина. Като резултат се формира типичен хинтерландов гънково-навлачен пояс. Най-вероятно описваните като горнокредни гранитни плутони в ареала на Родопите, Пирин и Рила са генетично свързани с тези колизионни процеси [Popov et al., 1996].

Пирин-Родопската металогенна зона се обособява в ареала на развитие на синколизионните гранитови плутони. С тях са свързани жилните волфрам-молибденови находища от **Грънчаришкото рудно поле**, както и флуоритовите находища в **Михалковското рудно поле**. Осве това са установени редица скарнови или хидро-

термални молибденови, железни, медни, оловно-цинкови, антимонови, златни и уранови рудопроявления.

Редица рудни находища са свързани с изветрянето на ултрабазичните скали. Те са формирани в издигнатите части от Вардарската сутура. В резултат на процесите на латеритизация се образуват изветрителни никелови и железорудни находища. Никелово-силикатните находища (Fe, Ni, Co, Cr) са широко разпространени в районите на Северна Гърция аге (Едеса, Сфикия), Копаоник (Руджинци, Велуче), Шумадия (Ба) и Фрушка гора. Остатъчните железорудни находища, като тези в районите на Мокра гора и Златибор са с ограничени размери. Със съществено икономическо значение са магнезитовите находища. Те са представени както от залежи от жилков тип в изветрителната кора, така и от жилни находища. Най-важни са находищата Брезак, Райана, Цветни връх, Лиска, Троглавич и Магура.

Няколко седиментогенни железорудни находища се разполагат в Шумадийския район между Белград и гр. Крагуевац. Те са локализирани главно в аптските и албските седиментни скали. Образоването на тези находища е свързано с изветрянето на ултрабазитите от Вардарската сутура и миграцията на желязосъдържащите разтвори до съседните басейни.

ОБСТАНОВКА НА ИНТРАКОЛИЗИОНЕН РИФТИНГ И АСОЦИИРАЩИТЕ МИНЕРАЛНИ НАХОДИЩА

Интраколизионния рифтинг през късната креда маркира петия стадий от алпийската еволюция. Той се осъществява след ранно-къснокредните ранно колизионни деформации и преди палеогенските колизионни процеси. В резултат на постколизионен колапс и спрегнатия астеносферен диапиризм по протежение на активната континентална крайнина се формира рифтоподобната **Апусени-Банат-Тимок-Средногорска тектонска и металогенна зона** [Роров, 1996; Роров et al. 2002]. В нейните предели се формира 2000-7000 m дебел вулканогенно-седиментен комплекс, както и асоцииращите с него интрузиви. Магмените скали се отнасят към четири серии: калциево-алкална, толеитова, субалкална и калиево-алкална. Тази зона отбелязва нов тектонски план в разглежданата територия. Тя представлява структура от транзитен тип, защото прониква дълбоко в Карпатската тектонска система. Високата температура и интензивното разломяване обуславят металогенната активизация покрай северната граница на рифта и възникването на **Западнобалканската металогенна зона**.

Итраколизионната рифтогенеза се бележи и от формирането на флишки трог върху части от Вардарската зона, Сръбско-Македонския и Пелагонийския масив.

Апусени-Банат-Тимок-Средногорската металогенна зона (ABTS) е разположена несъгласно върху старите структури, включително и раннокредните. С вулканските и плутонични комплекси асоциират многобройни рудни находища, отнасящи се към 14 различни типа. Най-важни

са меднопорфирните (\pm Au, Mo) и масивно сулфидните (Cu, \pm Au). Към меднопорфирните се отнасят Асарел, Медет, Елаците (Панагюрски район), Майданпек, Велики Кривел (Тимочки район), Молдова нова (Банатски район) и Прохорово (Странджански район). Масивносулфидните находища са представени от Бор (Тимочки район), Челопаеч, Радка, Елшица и Красен (Панагюрски район).

Широко развитие имат разнообразни скарнови находища. Най-представителни са железорудните находища Окна де фер (Банатски район) и Крумово (Странджански район), меднорудните находища от Малкотърновското рудно поле (Странджа) и Молдова нова (Банат), оловноцинковото находище Догнеча (Банат), както и волфрам-молибденовото находище Бъица-Бихоролуй (Апусенски район).

Редица медни, злато-медни и злато-оловно-цинкови находища от жилен тип са типични за Бургаския район в Източното Средногорие. Освен това са установени малки хидротермални златни, сребърно-златни, злато-медно-оловно-цинкови, баритови и уранови находища.

През разглеждания стадий се формират и няколко вулканогенно-седиментни манганови (Пожарево) и железорудни находища.

Западнобалканската металогенна зона обхваща част от северния борд на Апусени-Банат-Тимок-Средногорската металогенна зона. Тя обхваща част от хинтерландовия миогеоклинален гънково-навлачен пояс формиран при раннокредната колизия и издигнат при рифтообразоването. Къснокредните металогенни процеси се контролират от високотемпературния фронт свързан с магмената дейност в рифта. Образуват се редица стратиформни хидротермални оловно-цинково-сребърни (Седмочисленици, Издремец), медни (Плакалница, Венеца) и уранови (Сливен) находища, локализиращи главно в карбонатни скали. Рудни жили, орудени разломи или метасоматични щокове се срещат много рядко. Освен това са развити и многобройни баритови жили.

ОБСТАНОВКА НА КЪСНА КОЛИЗИЯ

Късноколизионната обстановка бележи шестия стадий от алпийската еволюция. Колизионните процеси се възобновяват в края на късната креда. Интензивните ларамийски и пиренейски тектонски деформации обхващат главно Средногорската, Старопланинската и Предбалканската зона. През този стадий не се проявява магматична и металогенна дейност. Ограничени финални деформации се проявяват в края на олигоцен, в рамките на постколизионния стадий.

ПОСТКОЛИЗИОННА ОБСТАНОВКА И АСОЦИИРАЩИТЕ МИНЕРАЛНИ НАХОДИЩА

Постколизионната обстановка се проявява през финалния (седми) стадий от алпийската еволюция. През приабона се установява екстензионен режим, който

продължава почти без прекъсване през Олигоцен и Неогена. В резултат на общо издигане се формира постколиззионен орогенен пояс. Характерно е интензивното разломяване, вертикалните блокови размествания и моласовата седиментация в депресиите. В резултат на магмената активност, по протежение на оста орогена се формира Трансбалканския вулканичен пояс. Той заляга несъгласно върху колиззионните алпийски структури и пресича Вардаридната и Динаридната сутура. Терциерните магмени скали са предимно калциево-алкални, по-рядко субалкални. Възможно е магомгенерирането да е започнало по време на финалните прояви на колизията. През разглеждания стадий в Добруджа се отлагат късно-палеогенско-миоценови карбонатно-теригенни седименти от Кримо-Кавказки тип. В резултат се формират Трансбалканската и Циркум-черноморската металогеенни зони.

Трансбалканската металогеенна зона се характеризира с развитието рудни находища, които са възникнали предимно във връзка с терциерните магматични и седиментационни процеси. Най-широко са проявени жилни, по-рядко метасоматични оловно-цинкови (+Ag) находища. Те са икономически най-значимите и най-типичните за тази металогеенна зона. Това са рудните находища от Маданското, Давидковското, Осоговското, Благодатското, Кратово-Злетовското и Трешчанското рудни полета, както и в районите на Халкидики и Александрополис. През последните години се проучват няколко златорудни находища от жилен (Чала, Маджарово) или метасоматичен тип (Адатепе, Седефче, Розино), разположени в района на Източните Родопи и Северна Гърция. В някои участъци са установени златосъдържащи меднопорфирни находища (Бучим, Скуриес). Молибденовите находища от порфирен тип (Мачкатица, Аксиуполикс, Кимерия-Стерна) нямат съществено значение. Освен това са развити редица хидротермални уранови (Смолян), антимонни (\pm Au) (Алшар, Рибново), и флуоритови (Славянка) находища. Установени са и няколко железорудни (Дамян), медни (Пириния) и оловно-цинкови (Осоговски район) находища от скарнов тип.

В резултат на терциерната магматична дейност се образуват няколко азбестови и магнезитови находища. Азбестовите находища са развити в участъка на пресичане между терциерната Трансбалканска зона с Вардарската сутура. Тези находища са формирани вследствие на хидротермалната дейност свързана с терциерни субвулканско-хипоабисални интрузиви. Те са разпространени главно в Копаоничкия (Корлаче, Бзеница, Щава), Прешевския (Ливи дол), Козаревския (Руйще) и Шумадийския регион.

Редица инфилтрационни уранови находища са формирани в терциерните моласови отложения в Горнотракийския (Момино, Орлов дол), Местенския (Елешница) и Струмския грабен (Симитли, Мелник), както и в районите на Лесковац и Бясна кобила. Освен това в ареалите със стари гранитоиди са установени инфилтрационни уранови находища локализиращи в разломни брекчи.

Циркум-черноморската металогеенна зона обхваща част от СЗ България, като продължава в Ю. Украйна, Ю.

Русия и Грузия. В олигоценските наслаги от българската част на континенталния шелф са развити няколко седиментогенни манганови находища (Шабла, Игнатиево), така както и в другите части на зоната (Никопол в Украйна, Чиатури в Грузия и т.н.).

ЛИТЕРАТУРА

- Гочев, П. 1991. Алпийският ороген на Балканите – полифазова колиззионна структура. *Геотект. Тектонофиз. и геодин.*, 22, 3-44.
- Начев, И., Янев, С. 1980. Седиментните геоконплекси в България. *Наука и изкуство*: 203 р.
- Скендеров, Г., Желязкова, У., Аракелянц, А., Котов, Е., Палшин, И., Липов, П. 1986. Биотитови жили в Устрем-Лесовското рудно поле и тяхното значение като геохронологички репер. *Сп. БГД*, 47, 3, 84-89.
- Хайдутков, И. 1991. Произход и еволюция на докамбийския Балкано-Карпатски офиолитов сегмент. Изд. БАН: 179 р.
- Boccaletti, M., Manetti, P., Peccerillo, A. 1974. The Balcanids as an instance of back-arc thrust belt: possible relation with the Hellenids. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 85, 1077-1084.
- Bogdanov, B., Dachev, H., Vulchanov, A. 1977. Metallogeny of Bulgaria in the context of plate tectonics. *In: Problems of ore deposits, 4th JAGOD Symp., Varna, 1974, 2, 435-443.*
- Boyanov, I., Dabovski, C., Gocev, P., Harkovska, A., Kostadinov, V., Tzankov, Tz., Zagorcev, I. 1989. A new view of the Alpine Tectonic Evolution of Bulgaria. *In: Geologica Rhodopica, I, Kl. Ohridski Univ. Press*, 107-121.
- Dabovski, C., Harkovska, A., Kamenov, B., Mavrudchiev, B., Vasileva, G., Yanev, J. 1991. A geodynamic model of the Alpine magmatism in Bulgaria. *Geol. Balc.*, 21 (4), 3-15.
- Dewey, J., Pitman, W., Ryan, W., Bonnin, J. 1973. Plate tectonics and the evolution of the Alpine system. *Geol. Soc. Am. Bull.* 84, 3137-3180.
- Grubic, A. 1974. Eastern Serbia in the light of the new global tectonics: Consequences of this model for the interpretation of the tectonics of the Northern Branch of the Alpides. *In: Metallogeny and Concepts of the Geotectonic Development of Yugoslavia (S. Karamata, ed.)*, 179-212.
- Grubic, A. 1980. An outline of geology of Yugoslavia. *26th Int Geol Congr Paris, Part Depart Beograd*, 5-49.
- Hsu, K. J., Nachev, I. K., Vuchev, V. T. 1977. Geologic evolution of Bulgaria in light of plate tectonics. *Tectonophysics*, 40, 245-256.
- Karamata, S. 1975. The geological evolution of the area of Yugoslavia: the nature and movements of plates and the importance of these properties and processes for metallogeny. *In: Metallogeny and concepts of the geotectonic development of Yugoslavia (S. Jankovic ed.)*, *Fac. Min. and geol., Belgrade*, 109-118.
- Popov, P. 1981. On the tectono-metallogenic evolution of the Alpides in Balkan peninsula and situation of the Balkanides in them (in bulg.). *Ann. HIMG, Sofia*, 27, 2, 27-35.
- Popov, P. 1996. On the Tectono-Metallogenic Evolution of the Balkan Peninsula Alpides. *In Plate Tectonic Aspects of the Alpine Metallogeny in the Carpatho-Balkan Region IGSP Project No 356 Annual Meet., Sofia, (P. Popov, ed.) 1, 5-17*

Popov, P., Dumurdjanov, N., Jeleu, V., Petrov, G. 1996. On Some Problems of the Alpine Evolution of the Bulgarian-Macedonian Part of Balkan Peninsula. *In: Terranes of Serbia (Knezevic V, Krstic B. ed.)*, 97-102.

Popov, P., Berza, T., Grubic, A., Ioane, D. 2002. Late Cretaceous Apuseni-Banat-Timok-Srednogie (ABTS)

magmatic and metallogenic belt in the Carpatian-Balkan orogen (in print).

Robertson, A. H. F., Dixon, J. E. 1984. Introduction: aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean. *In: The geological evolution of the Eastern Mediterranean. Geol. Soc. Blackwell Sc.. Publ., Oxford etc.*, 1-74.

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

ALPINE GEOTECTONIC EVOLUTION AND METALLOGENY OF THE EASTERN PART OF THE BALKAN PENINSULA

Petko Popov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia 1700, Bulgaria; kpopov@staff.mgu.bg

ABSTRACT

Several consecutive stages are recognized in the Alpine evolution of the eastern part of the Balkan Peninsula. They are marked by different geotectonic settings: intracontinental rifting, ocean spreading, subduction, early collision, intracollisional rifting, late collision, late to postcollisional orogeny. The Strandja metallogenic zone and Kremikovtsi ore field developed during the intracontinental rifting stage. The ophiolite complex and related ore deposits in the Vardar metallogenic zone as well as the sedimentary iron ore deposits in the continental shelf were formed during the spreading stage. The Pirin-Rhodopian metallogenic zone was related to the early collisional granitoid plutons. The Apuseni-Banat-Timok-Srednogie metallogenic zone was formed as a result of intracollisional rifting. The West Balkan metallogenic zone developed along the northern border of the intracollisional rift. The Transbalkan and Circum Black Sea metallogenic zones are related to the postcollisional orogeny.

INTRODUCTION

The eastern part of the Balkan Peninsula, with the exception of the Moesian platform, belongs to the Alpine-Himalayan tectonic belt. The Balkanide tectonic system developed in this territory along the northeastern continental margin of the Vardar paleocean. The system is connected with the Pontides to the east and the Carpathians to the northwest. At the same time, the Balkanide system is conjugated to the west with the Dinaride system, which is related to the evolution of the Dinaride ocean.

In this paper, the Rhodopean and adjoining part of the Serbo-Macedonean regions are discussed in the framework of the Balkanide system, together with the strictly Balkanide structures (Stara Planina, Srednogie).

Numerous plate tectonics models have been proposed to explain the Alpine evolution of the investigated territory [Dewey et al., 1973; Grubic, 1974, 1980; Bocaletti et al., 1974; Karamata, 1974; Hsu et al., 1977; Bogdanov et al., 1977; Popov, 1981, 1996; Robertson and Dixon, 1984; Boyanov et al., 1989; Dabovski, 1991; Dabovski et al., 1991; Gochev, 1991; Popov et al., 1997; and many others]. The new data suggest a new, more perfect model for the Alpine evolution of the Balkanide tectonic system, which is based on the Wilson's cycle. The successive development of numerous tectonic settings marks different stages of this evolution: intracontinental rifting; ocean spreading; subduction; early collision; intracollisional rifting; late collision; post-collisional orogeny.

The Alpine metallogeny of the eastern part of the Balkan Peninsula is characterized by a broad variety of genetic types of ore deposits. They were formed as a result of the consecutive development of different geotectonic settings and accompanying magmatic, sedimentary and metallogenic events. Several metallogenic zones can be distinguished: Strandja, Vardar, Pirin-Rhodopian, Apuseni-Banat-Timok-Srednogie, West-Balkan, Trans-Balkan and Circum-Black Sea zones.

In the beginning of the Alpine evolution, the continental massifs of Europe (the Moesian platform) and Africa (Rhodopean, Serbo-Macedonian, Pelagonean etc. blocks) were accreted into a single continent as a result of Early Paleozoic subduction and Hercynian collision [Haydoutov, 1991]. This event is marked by the deposition of Upper Carboniferous-Permian epicontinental molasse deposits.

A quasi-platform setting was established in the investigated territory at the end of the Permian and beginning of the Triassic. It is indicated by low tectonic activity, flat relief as well as by the Lower Triassic continental and Middle-Upper Triassic carbonate deposits. The Alpine tectonic activation commenced in restricted regions and then gradually embraced larger territories.

INTRACONTINENTAL RIFTING SETTING AND RELATED MINERAL DEPOSITS

Intracontinental rifting is the first stage of the Alpine evolution. It developed mainly during the Triassic along the Pindos-Dinaride zone in the western part of the Balkan Peninsula. In this area it is marked by basalt-andesite-dacite, spilite-keratophyre and gabbro-diorite-granodiorite-granite complexes as well as by related Zn Pb, Cu, Ba, Fe, Mn etc. deposits of different type.

Greenschist facies Triassic basic volcanic rocks and associated terrigenous and carbonate deposits build up the Strandja allochthon. They reflect the intracontinental rifting processes in the southeastern part of the Balkan Peninsula. These rocks and related mineral deposits mark the development of the **Strandja Metallogenic Zone**. Only part of this zone is exposed at present. Several volcano-sedimentary copper-zinc-lead massive sulphide deposits of variable mineral composition (Kartsalevo, Raevo, Keremidoto, etc.) associate with the Triassic greenschists and metadiabases in this region. They are located in the confines of the **Gramatikovo ore field**. There are also some occurrences of ilmenite-chlorite schists in this region.

Intracontinental rifting of subequatorial direction took place in the Eastern Balkan. This process is demonstrated by the formation of a flysch trough. Numerous faults of the same direction and local basalt eruptions developed in the West Balkan at the same time. Most likely, the initial iron mineralization in the **Kremikovtsi ore field** (north of Sofia) was deposited during the hydrothermal-sedimentary processes

as a result of a high temperature anomaly related to these events.

The strata-bound copper-uranium deposits in Permian (Smolyanovtsi in Bulgaria) and Triassic (Doykintsi in Serbia) sandstones in the West-Balkan region are possibly related to this setting.

Figure 1. Main alpinian metallogenic units in the Eastern part of the Balkan Peninsula

OCEAN SPREADING SETTING AND RELATED MINERAL DEPOSITS

Ocean spreading is the second stage of the Alpine evolution. The spreading lead to a complete break up of the continental crust and initiation of the Mesozoic Tethys during the Jurassic. These events took place in the zone of Vardar River and propagated to the north along the line Kraguevats-Belgrade. As a result the Vardar ocean opened. A magmatic association

of ophiolite type was generated [Karamata 1975]. Three major units of this Vardar ophiolite complex are well exposed: 1 – peridotite suite (with small dunite and lherzolite bodies) at the base; 2 – differentiated magmatic cumulates; 3 – Diabase-Chert Formation and associated terrigenous sedimentary rocks, gabbro and rare diorite to granodiorite intrusives. At the same time the territory to the northeast developed as a continental shelf.

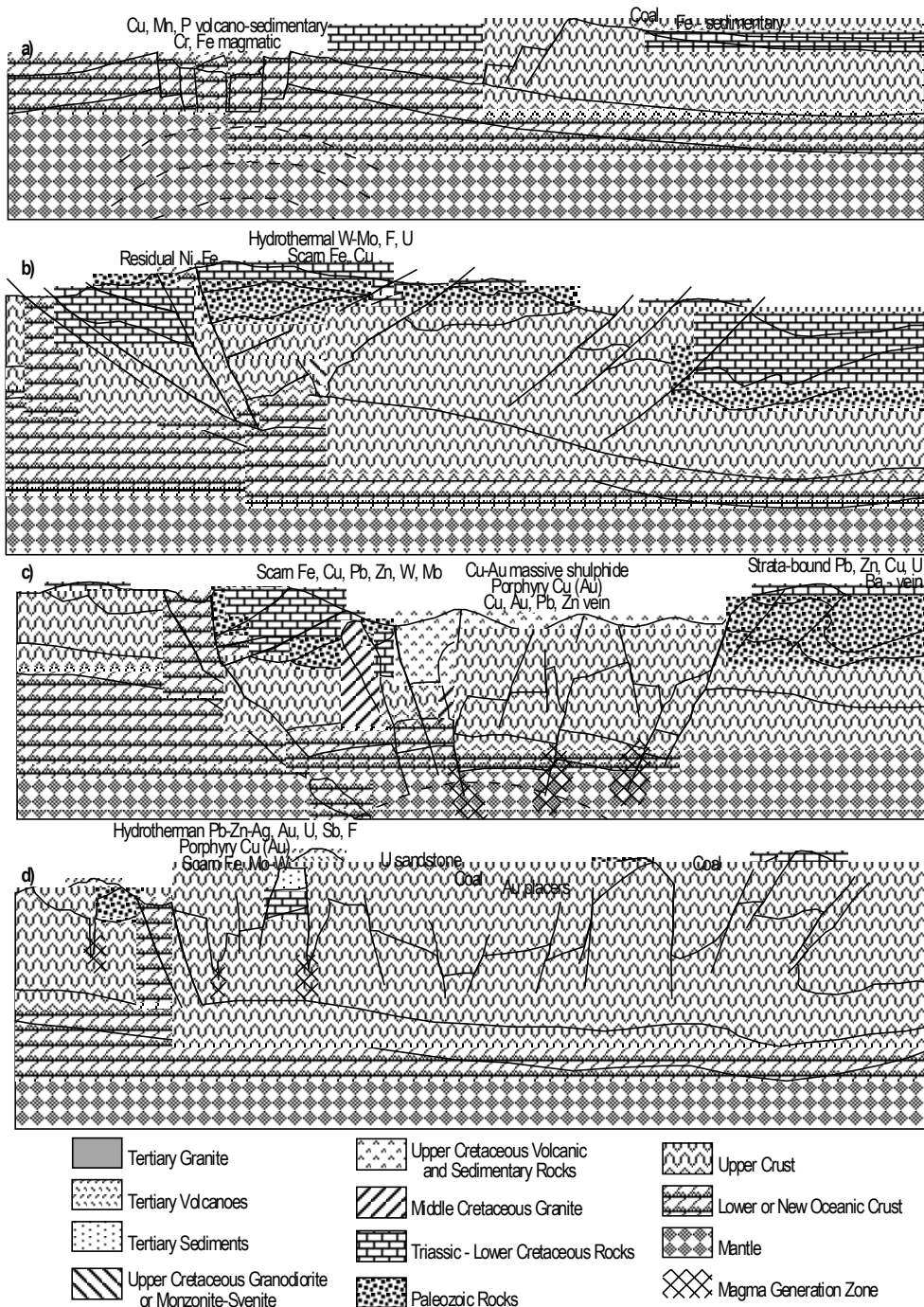


Figure 2. Models of the different tectonic settings and position of mineral deposits: a) spreading; b) early collision; c) intracollisional rifting; d) post-collisional orogen.

The development of the Vardar Ophiolite Complex and the related typical ore deposits defines the **Vardar Metallogenic Zone**. Podiform chromite deposits are most important. They are related to the Jurassic ultramafic complexes. The chromite deposits are related to dunite intrusions. Sheet-like, lense, nest, rarely pipe and schlieren type ore bodies are typical. The main ore deposits are located in Luboten (Raschka) region, near Skopje (Nada, Orashe, Kafe-Odzhak, Stankovats, etc.). The ore deposits in the Kopaonik Mountain are located in the Yelitsa (Rudna Kosa, Peret), Turnava (Velika Chukara, Goluitsa), Troglav (Malinyak, Vidakov Prevoy) and Velouche regions. The main ore deposits in the Loyane-Preshevo region are Ostrovitsa, Furlu Kamen, Fiorina, and Loki Kech. There are several ore occurrences in the Chalkidiki region, too.

Magmatic magnetite deposits are rare. They are represented by the Lipovats ore deposit (SE of Aranjelovats). It is related to the Shumadiya harzburgite.

Forsterite deposits occur in the Kopaonik (Polyane – NW of Rashka) and Golesh (Medvedtse – SW of Prishtina) ultramafic massifs.

Volcano-sedimentary copper, manganese and phosphorite deposits are related to the Diabase-Chert Formation. The copper massive sulphide deposits of Cyprus type are widespread to the North and South of the town of Chachak (Serbia). Typical representatives of this type are massive sulphide or disseminated ore mineralization in the Topolishnitsa, Stanča, Shevoulya, Laykovicha, Rechitsa, Novakovicha and Rebel deposits. Strata-bound manganese deposits (Drache – West of Kraguyevats) are rare. Several concretion-type phosphorite ore occurrences occur between Kraguyevats and Topola towns (Shumadiya region).

During the ocean spreading stage, numerous sedimentary iron deposits were formed in different areas of the continental shelf. They are hosted in Lower-Middle Jurassic carbonate-terrigenous sediments in the **Troyan ore region** in the Central Balkan, as well as in the West Balkan, Strandja and Kraishte regions.

SUBDUCTION SETTING AND RELATED MINERAL DEPOSITS

The closure of the Vardar paleocean towards the end of the Jurassic and the beginning of the Cretaceous marks the third stage of the Alpine evolution. The oceanic type crust subducted to the northeast under the European active margin and initiated a new magmatic front. A number of granitoid bodies were intruded along the line Chalkidiki-Shtip. At the same time a flysch-type back-arc basin developed in the Balkanides (Nish-Troyan trough after Nachev and Yanev [1980]).

Ore deposits, related to the subduction-type granitic intrusions along the eastern border of the Vardar Ocean, are not known. By Skenderov et al., [1986], the absolute age data suggest that the lead-zinc, barite and uranium ore deposits in the Ustrem region (SE Bulgaria) may be formed during that stage.

EARLY COLLISIONAL SETTING AND RELATED ORE DEPOSITS

The early collisional setting developed during the Early Cretaceous and marks the fourth stage of the Alpine evolution. Intensive folding and thrusting processes were concentrated mainly in two zones. The first one is marked by the thrust structures in the Serbo-Macedonian zone, Kraishte region, Southeastern Rhodope and Strandja Mountain. Some of these allochthons include obducted ophiolite sheets. The second zone extends around the Moesian platform in the Fore-Balkan and Stara Planina Mountain. A typical hinterland fold and thrust belt was formed as a result. Most likely, the described as Late Cretaceous granite plutons in the area of the Rhodopes, Pirin and Rila Mountains are related to these collisional processes [Popov et al., 1996].

The **Pirin-Rhodopian metallogenic zone** is marked by the development of syncollisional granite plutons. Several small vein type tungsten-molybdenum deposits (Gruncharitsa) as well as metasomatic fluorite deposits (Mihalkovo area) have been explored. There are also numerous skarn or hydrothermal molybdenum, iron, copper, lead-zinc, antimony, gold and uranium ore occurrences.

Numerous ore deposits are related to the weathering of ultramafic rocks. They were formed in uplifted area of the Vardar suture. A series of residual nickel and iron deposits originated as a result of lateritisation processes. Nickel-silicate deposits (Fe, Ni, Co, Cr) are wide-spread in Northern Greece (Edessa, Sfikia), Kopaonik (Rudjintsi, Velouche), Shumadiya (Ba) and Froushka Gora regions. Residual iron deposits, as for instance Mokra Gora in the Zlatibor region, are not very important. The magnesite deposits are of essential economic significance. They are represented by veinlet type deposits in the weathering crust, as well as by vein type deposits. The Brezak, Rajana, Tsvetni Vruh, Liska, Troglavchich, and Magura deposits are more important.

Several oolitic type sedimentary Fe ore deposits are located in the Shumadiya region, between Beograd and the town of Kraguyevats. They are hosted mainly in Aptian and Albian sedimentary rocks. The origin of these deposits is related to the weathering of ultramafic rocks from the Vardar suture and migration of the Fe-bearing solution to the neighbouring basin.

INTRA-COLLISIONAL RIFT SETTING AND RELATED ORE DEPOSITS

The intra-collisional rifting during the Late Cretaceous marks the fifth stage of the Alpine evolution. It took place after the Early-Middle Cretaceous collisional deformations and before the Paleogene collisional processes. The Apuseni-Banat-Timok-Serednogie rift-like tectonic and metallogenic zone was formed along the active continental margin, probably as a result of postcollisional collapse and conjugated asthenospheric diapirism [Popov, 1996; Popov et al. 2002]. A 2000-7000 m thick volcano-sedimentary complex and associated intrusions were formed. The magmatic rocks belong to 4 series: tholeiitic, Ca-alkaline, subalkaline and K-alkaline. This zone marks a new tectonic plan in the investigated territory. This is a transit-type structure, because it penetrated deeply into the

Carpathian tectonic system. The high temperature and intensive faulting controlled the metallogenic activation along the northern margin of the rift and the formation of the West-Balkan metallogenic zone.

During this stage, another flysch-type trough was formed upon parts of the Vardar suture, the Serbo-Macedonian and Pelagonian massifs

The Apuseni-Banat-Timok-Srednogorie metallogenic zone (ABTS zone) is unconformably superimposed upon older structures, including Early Cretaceous ones. Numerous ore deposits of about 14 different types associate with the volcanic and plutonic complexes. Porphyry copper (\pm Au, Mo) and massive sulphide (Cu, \pm Au) deposits are most important. They are represented by the porphyry copper deposits Assarel, Medet, Elatsite (Panagyurishte region), Majdanpek, Veliki Krivel (Timok region), Moldova Noua (Banat region) and Prohorovo (Strandja region), as well as the massive sulphide deposits Bor (Timok region), Chelopech, Radka, Elshitsa, Krasen (Panagyurishte region).

A great diversity of skarn type ore deposits is widespread. The iron deposits Ocna de Fier (Banat region) and Krumovo (Strandja region), the copper deposits Malko Turnovo (Strandja region), Moldova Noua (Banat region), the lead-zinc deposit Dognecea (Banat region) as well as the tungsten-molybdenum deposit Baita Bihorului (Apuseni region) are the most representative ones.

Vein-type copper, gold-copper and gold-lead-zinc hydrothermal deposits are very typical of Bourgas region in the Eastern Srednogorie. There are also numerous small hydrothermal gold, silver-gold, gold-copper-lead-zinc, barite and uranium deposits.

Volcano-sedimentary manganese (Pozharevo – W Srednogorie) and iron deposits are also related to this stage.

The West-Balkan metallogenic zone is situated along a segment of the northern boundary of the ABTS zone. It comprises part of the hinterland miogeoclinal fold-and-thrust belt which was formed during the Early Cretaceous collision, and uplifted during the rifting. The Late Cretaceous metallogenic processes were controlled by the high-temperature front, related to the magmatic activity in the ABTS zone. Numerous strata-bound type hydrothermal lead-zinc-silver (Sedmochislenitsi, Izdremets), copper (Plakalnitsa, Venetsa) and uranium (Sliven) deposits were formed. They are hosted mainly in carbonate rocks. Shear-zone, vein or metasomatic stock type ore bodies are very rare. There are also numerous barite veins (Zverino).

LATE COLLISIONAL SETTING

The late collisional setting marks the sixth stage of the Alpine evolution. The collision processes continued after the Late Cretaceous. The intensive Laramide and Pyrenean tectonic deformations affected mainly the territory of the Srednogorie, Stara Planina and Fore-Balkan zones. Magmatic and metallogenic activity is not known during this stage. The

final deformations occurred towards the end of the Oligocene, in the framework of the post-collisional stage.

POST-COLLISIONAL SETTING AND RELATED ORE DEPOSITS

The post-collisional setting marks the final stage of the Alpine evolution. The extensional regime commenced during the Priabonian and continued almost without breaks during the Oligocene and Neogene. The postcollisional orogenic belt was formed as a result of a general uplift. Intensive faulting, vertical block displacement and molasse type sedimentation in depressions are typical. The Trans-Balkan volcanic belt was formed as a result of the magmatic activity along the orogen axis. It is superimposed unconformably upon the collisional Alpine structures and intersects the Vardaride and Dinaride sutures. Most of the Tertiary magmatic rocks belong to the calc-alkaline, rarely – to the subalkaline series. Most likely, the magma-generation processes started during the final acts of the collision. At the same time, Early Paleogene-Miocene carbonate-terrigenous sequences of Crimea-Caucasian type were deposited in Dobrudja (NE Bulgaria). The Trans-Balkan and Circum-Black-Sea metallogenic zones were formed as a result.

The Trans-Balkan metallogenic zone is characterized by ore deposits that are developed predominantly in association with the Tertiary magmatic and depositional processes. Vein-type, rarely metasomatic lead-zinc (+Ag) ore deposits are wide spread. They are the most important and characteristic types for that metallogenic zone. Such are the ore deposits of Madan, Luki, Madzharovo, Davidkovo, Osogovo, Blagodat, Kratovo-Zletovo, Trepcha, Chalkidiki, Alexandroupoli etc. regions. Several gold deposits of vein (Chala, Madjarovo) or metasomatic type (Adatepe, Sedefche, Rozino) have been explored in the last years in the Eastern Rhodopean region, as well as in Northern Greece. Porphyry copper (Au-bearing) deposits occur in some places (Bouchim, Skouries). The porphyry-type molybdenum deposits (Machcatitsa, Axioupolix, Kimeria-Sterna) are not very significant. There is also a series of hydrothermal uranium (Smolyan), antimonite (\pm Au) (Alshar, Ribnovo) and fluorite (Slavyanka) deposits. Several skarn type iron (Damyani), copper (Pirinia) and lead-zinc (Osogovo region) deposits occur, too.

Several asbestos and rarely magnesite deposits were formed as a result of the Tertiary magmatic activity. The asbestos deposits are related to the area of intersection between the Tertiary Trans-Balkan Zone and the Vardar Suture. These mineral deposits were formed as a result of hydrothermal activity related to the Tertiary subvolcanic-hypabissal intrusions. They occur predominantly in the Kopaonik (Korlache, Bzenitsa, Shtava), Preshevo (Livi Do), Kozarevo (Ruyishte) and Shoumadiya regions.

Infiltration-type uranium deposits are related to the Tertiary molasse deposits in Upper Thrace (Momino, Orlov dol), Mesta (Elshnitsa) and Struma grabens (Simitli, Melnik), as well as in Leskovac and Byasna Kobila areas. Shear-zone type infiltration uranium deposits occur in the areas of old granitic rocks.

The Circum-Black Sea metallogenic zone is located in NE Bulgaria and extends to South Ukraine, South Russia and Georgia. Several sedimentary manganese deposits in the Oligocene deposits occur along the Bulgarian continental shelf (Shabla, Ignatievo) and in other parts of the zone (Nikopol, Chiaturi, etc.).

REFERENCES

- Boccaletti, M., Manetti, P., Peccerillo, A. 1974. The Balcanids as an instance of back-arc thrust belt: possible relation with the Hellenids. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **85**, 1077-1084
- Bogdanov, B., Dachev, H., Vulchanov, A. 1977. Metallogeny of Bulgaria in the context of plate tectonics. *In: Problems of ore deposits, 4th JAGOD Symp., Varna, 1974*, **2**, 435-443
- Boyanov, I., Dabovski, C., Gocev, P., Harkovska, A., Kostadinov, V., Tzankov, Tz., Zagorcev, I. 1989. A new view of the Alpine Tectonic Evolution of Bulgaria. *In: Geologica Rhodopica, I, Kl. Ohridski Univ. Press*, 107-121.
- 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 (in bulg.). *Geotect., Tectonophys. And Geodynam.*, **22**, 45-79.
- Dabovski, C., Harkovska, A., Kamenov, B., Mavrudchiev, B., Vasileva, G., Yanev, J. 1991. A geodynamic model of the Alpine magmatism in Bulgaria. *Geol. Balc.*, **21** (4), 3-15
- Dewey, J., Pitman, W., Ryan, W., Bonnin, J. 1973. Plate tectonics and the evolution of the Alpine system. *Geol Soc Am Bull* **84**, 3137-3180
- Haydoutov, I. 1991. Origin and Evolution of the Precambrian Balkan-Carpathian Ophiolite Segment (on bulg. with engl. summ.). *Ed Bulg Ac Sci*: 179 p.
- Gochev, P. 1991. The Alpine orogen in the Balkans – a polyphase collisional structure (in bulg.). *Geotect., Tectonophys. And Geodynam.*, **22**, 3-44.
- Grubic, A. 1974. Eastern Serbia in the light of the new global tectonics: Consequences of this model for the interpretation of the tectonics of the Northern Branch of the Alpides. *In: Metallogeny and Concepts of the Geotectonic Development of Yugoslavia (S. Karamata, ed.)*, 179-212.
- Grubic, A. 1980. An outline of geology of Yugoslavia. *26th Int Geol Congr Paris, Pint Depart Beograd*, 5-49
- Hsu, K. J., Nachev, I. K., Vuchev, V. T. 1977. Geologic evolution of Bulgaria in light of plate tectonics. *Tectonophysics*, **40**, 245-256
- Karamata, S. 1975. The geological evolution of the area of Yugoslavia: the nature and movements of plates and the importance of these properties and processes for metallogeny. *In: Metallogeny and concepts of the geotectonic development of Yugoslavia (S. Jankovic ed.)*, *Fac. Min. and geol., Belgrade*, 109-118.
- Nachev, I., Yanev, S. 1980. Sedimentary Geocomplexes in Bulgaria (on bulg.). *Ed "Nauka i Izkoustvo"*: 203 p
- Popov, P. 1981. On the tectono-metallogenic evolution of the Alpides in Balkan peninsula and situation of the Balkanides in them (in bulg.). *Ann. HIMG, Sofia*, **27**, 2, 27-35.
- Popov, P. 1996. On the Tectono-Metallogenic Evolution of the Balkan Peninsula Alpides. *In Plate Tectonic Aspects of the Alpine Metallogeny in the Carpatho-Balkan Region IGSP Project No 356 Annual Meet., Sofia, (P. Popov, ed.)* **1**, 5-17
- Popov, P., Dumurdjanov, N., Jeleu, V., Petrov, G. 1996. On Some Problems of the Alpine Evolution of the Bulgarian-Macedonian Part of Balkan Peninsula. *In: Terranes of Serbia (Knezevic V, Krstic B. ed.)*, 97-102
- Popov, P., Berza, T., Grubic, A., Ioane, D. 2002. Late Cretaceous Apuseni-Banat-Timok-Srednogorie (ABTS) magmatic and metallogenic belt in the Carpatian-Balkan orogen (in print).
- Robertson, A. H. F., Dixon, J. E. 1984. Introduction: aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean. *In: The geological evolution of the Eastern Mediterranean. Geol. Soc. Blackwell Sc.. Publ., Oxford etc.*, 1-74.
- Skenderov, G., Zhelyaskova, U., Arakelyants, A., Kotov, E., Palshin, I., Lilov, P. 1986. The biotite veins in Ustrem-Lesovo ore field and their significance as a geochronological marker (on bulg.). *Rev. Bulg. geol. soc.*, **47**, 3, 84-89.