



## Минерални системи – състав, условия и процеси на възникване, трансформация и взаимодействие

Н. Зидаров, Б. Зидарова

Централна лаборатория по минералогия и кристалография, БАН, 1113 София;  
e-mail: nzidarov@clmc.bas.bg, bzidarova@clmc.bas.bg

**История на проекта.** Заложен е в плана на ЦЛМК за периода 1995-96 г. като „Възникване, трансформация и пространствено разпределение на нееднородностите в минералите и минералните тела” с ръководител Н. Зидаров, а от 1997 до 2005 г. е трансформиран в „Минерални системи – състав, условия и процеси на възникване, трансформация и взаимодействие” с ръководител също Н. Зидаров, а от 2003 г. – Б. Зидарова. Това е основния проект на секция „Топографична минералогия” на ЦЛМК-БАН, в който на практика са ангажирани голяма част от сътрудниците и специалистите от нея, а по отделни теми - и такива от други структурни звена и външни сътрудници (СУ, ГИ-БАН). Общо в проекта са участвали през различните години 10 учени от ЦЛМК: старши научни сътрудници Н. Зидаров, Б. Зидарова, Ж. Дамянов, З. Цинцов, Е. Тарасова, О. Витов, И. Дончев, научни сътрудници Н. Лихарева, И. Пейчева, И. Маринова, специалисти Л. Мачева, Р. Титоренкова, Я. Цветанова, П. Ненова, Д. Ангелков, Б. Станева, К. Иванова, Л. Петров и сервизни специалисти Д. Стоянов, Ат. Енев, Ал. Димитров и др.

Ежегодно по този проект са разработвани средно по 10 теми (моделни системи), по които са публикувани общо 120 бр. статии, изнесени са 80 бр. доклади на научни форуми у нас и в чужбина. Взето е участие с 20 бр. доклади и постери на проведените през 2001 г. и 2003 г. сесии „Научни и приложни постижения на ЦЛМК-БАН”.

Международното сътрудничество включва разработката на теми с Геологическия институт на УО на РАН в Сиктивкар, Коми и Института по изотопна геология и минерални ресурси ЕТН-Цюрих (Швейцария), свързани с изотопни и геохронологички изследвания на минерали и минерални асоциации.

**Предмет на проекта** са моделни обекти от основните ендо- и екзогенни минерални системи и възникналите при тяхното взаимодействие нови такива,

принадлежащи на Балканското геоложко пространство.

**Цел на проекта** е създаването на частни и общи генетични модели за различни системни обекти посредством изследването на минерални индивиди и агрегати и изградените от тях минерални тела от различен ранг. Важен елемент на тези модели през последните години станаха изотопно-геохимичните изследвания и геохронологичките определения.

В методично отношение е прилаган системен подход, като всяка система е изследвана на три йерархични нива (подсистеми): минерален индивид – минерален агрегат – минерално (лито) тяло, като са търсени устойчивите характеристики и връзки във всяка подсистема и между подсистемите. Индикаторните за генезиса състав, структура, свойства и полета на стабилност по отношение на основните физико-химични параметри са изследвани, с оглед определяне условията и процесите на възникване и трансформация на минералните тела, в зависимост от конкретната геоложка обстановка и времевите съотношения между елементите на системата.

**Моделни обекти.** Отделните системи или части от тях са изследвани през годините в зависимост от интересите на водещите изследователи, финансовите и апаратурните възможности, както и от получените с напредване на изследванията резултати.

Основни моделни обекти на проекта на *ниво минерално (лито-) тяло са:*

*За магмените системи* – гранитоидите от ЮЗ България, Централното и Източното Средногорие.

*За метаморфните системи* – метагранитоидите, метапелитите и метаофиолитите от ЮЗ България.

*За хидротермалните системи* – флуоритовите находища Чипровци-изток, Михалково и Славянка; златосъдържащи кварц-сулфидни рудни минерализации в ултрабазити и лиственисти от Централното Средногорие и Източните Родопи; Ni-Co-Fe минерализации от Звездел-Пчелоядското рудно поле, калциевите скарни

от Звезделския плутон, халцедоновите и аметистовите минерализации от Източните Родопи и др.

За *хидротермално-седиментните системи* – комплексно рудното находище Кремиковци и съвременните рудоносни системи от океански рифтови зони.

За *хипергенните системи* – разсипни находища на минерали на елементи от групата на платината и златото; окислителната зона на находище Брусевци.

По-долу ще бъдат представени основните резултати от проведените изследвания, както са тематично обособени.

## А. Магмени и метаморфни системи

**Тема: „Магмени и метаморфни минерали и минерални асоциации в Сръбско-Македонския масив на територията на ЮЗ България”** (Н. Зидаров, П. Ненова, Л. Мачева, Е. Тарасова, И. Пейчева, Р. Титоренкова, Д. Ангелков, Я. Цветанова).

Свързани проекти: „Геохронология на магматизма на българската част от Сръбско-Македонския масив” – съвместни проекти с Геологическия институт на Уралското отделение на РАН (В. Андрейчев) и Института по изотопна геология и минерални ресурси, Цюрих (А. ф. Квадт); „Акцесорен циркон от ортогнайси в Огражденския блок (Р. Титоренкова – частично финансиран от НС „Научни изследвания”).

Основни резултати

Изучен е минералния състав, определени са равновесните минерални асоциации и последователността на минералообразуване, кристалохимичните особености на важните в генетично отношение минерали, петрохимичните особености, геоложкото положение, магматичния източник и възрастта на редица геоложки тела като:

- *Метаофиолитовият меланж при с. Гега в Огражден планина*, в състава на които са установени протолити от серпентинизирани перидогити, харцбургити, шпинелови пироксенити с клинопироксенови мегакристи, оливинови габронорити, пресечени от афирни габро-норитови дайки и левкократно габро. В съответствие с термобаричните данни за реликтовите минерални асоциации и техните структурни взаимоотношения са определени РТ-условията за образуването на протолитите и тяхната метаморфна еволюция по време на 5 последователни главни стадия: М-1 – гранулитизация; М-2 – проградна еклогитизация; М-3 – свръхвисокобаричен метаморфизъм (1020-1150 °С, 22-30 kbar – образуване на коесит); М-4 – ретроградна еклогитизация; М-5 – полифазна амфиболитизация. Rb-Sr данни указват на докамбрийска възраст на офиолитите и кадомска възраст (657±30 Ma) за еклогитизацията (Zidarov, Nenova, 1995; Zidarov *et al.*, 1995);

- *Метапелитите в Огражден планина и Беласица планина*, за които са определени хода и РТ условията на метаморфизъм;

- *Метагранитоидите в Огражден планина и Малешевска планина*, възрастта на чиито протолити е доказана с прецизни U-Pb изследвания на единични

циркони като раннопалеозойска (равномернозърнестата разновидност 459.9±7 Ma, порфирната – 451+18/-9 Ma, а наложеният метаморфизъм е алпийски (Zidarov *et al.*, 2003). Цирконите в тях са били обект на детайлни изследвания, като са изучени тяхната морфология, вътрешен строеж, състав, разпределение на редките елементи (Titorenkova *et al.*, 2004; Titorenkova, 2004);

- *Лозенският метагранит в Беласица планина*, за който Rb/Sr резултати дават херцинска възраст (301±5.7 Ma) (непубликувани данни);

- *Играниценският гранитов плутон*, разкриващ се в Огражден планина, за който U-Pb анализ на единични циркони и монацити определя 240+13/-9 Ma за времето на внедряването му, а предварителните Rb/Sr данни (36.6±0.56 Ma) показват налагането на късно алпийско тектонотермично събитие (Zidarov *et al.*, 2004);

- *Скрътският гранодиоритов плутон от Беласица планина*, за който Rb/Sr изохрона сочи средногорноюрска възраст (167±8.1 Ma) за внедряване на протолита или на наложените нискостепен зеленоцистен метаморфизъм и грайзенизация (Zidarov *et al.*, in press);

- *Яворнишките гранодиоритови тела*, разкриващи се в Беласица планина (Tarassova *et al.*, 2001), чиято Rb/Sr възраст, определена по минерални фракции е 40.4±0.7 Ma (непубликувани данни);

- *Субвулканските тела с деленитов химизъм в Огражден планина и Малешевска планина*, за които по K-Ar изотопен метод беше определена рупелска възраст 32.6±1.34 Ma) (Pecskay *et al.*, 2001).

Косвено е определен възрастовия интервал на регионално метаморфозирани в амфиболови фацис скали между 460 и 240 Ma, т.е. херцинска (вариска) възраст.

**Тема: „Изотопно-геохимични и геохронологични изследвания на магматизма и геохронологични изследвания на магматизма и еволюцията на рудообразуването в Средногорската зона”** (И. Пейчева, А. ф. Квадт)

Свързани проекти: ГЕОДЕ (Geodynamic and Ore Deposit Evolution) на Европейската научна фондация; проект SCOPES за българо-швейцарско сътрудничество съвместно с д-р Албрехт фон Квадт и колеги от СУ „Св. Кл. Охридски” (Б. Каменов, Ж. Иванов, Н. Георгиев, Д. Димов) и ГИ-БАН (Румен Петрунов); проект „Metal transport and ore deposition” (ръководител – проф. Кристоф Хайнрих от Института по изотопна геология и минерални ресурси, ETH-Zurich)

Основни резултати

Приложени са изотопно-геохронологични и геохимични методи за установяване, датирание и характеризирание на процесите на механично (mingling) и химично (mixing) смесване на магми с контрастен състав. При изследването на горнокредни гранитоиди и габра от южната част на Централно Средногорие е показана възможността за разграничаването на циркони от смесващи се магми с различна възраст и такива от

асимилираната стара кора: с помощта на U-Pb цирконов метод и ID-TIMS техники са датирани прецизно двете контрастни магми, съответно с възраст 82 и 85 млн.г., както и асимилирания коров протолит (460 млн.г.). Изотопните хфниеви характеристики на цирконите и Sr-Nd особености на скалите са използвани за определяне на магмените източници (Kamenov *et al.*, 2003; Peytcheva, Quadt, 2004). Подобно комплексно и прецизно изотопно изследване е ново за страната, а решаването на проблемите за смесване на магми с конвенционален U-Pb цирконов метод е принос и към световните изотопни изследвания.

Съвместното прилагане на U-Pb изотопен метод по монацити, Rb-Sr и Ag-Ag изотопни методи по слюди позволи да се възстанови тектонската еволюция на Централнородопското подуване, като е изчислена скорост на изнасяне (ексхумиране) на метагранити от ядрото му от над 3-5 км/Ма (Peytcheva *et al.*, 2004).

Изотопно-геохимичните и геохронологички изследвания на минерали и скали с прилагане на U-Pb-Hf, Rb-Sr, Sm-Nd методи през последните 4 години са свързани основно с проблемите на рудните находища в Средногорската зона (България) и Тимошката зона (Източна Сърбия).

За датирание на находищата Елаците, Челопеч (България) и Велики Кривелъ (Сърбия) е използвано U-Pb датирание на магмени тела, ограничаващи орудяването във времето (Peytcheva *et al.*, 2004; Quadt *et al.*, 2005; Kamenov *et al.*, 2004a, 2004b; Stoykov *et al.*, 2004a, 2004b; Georgieva *et al.*, 2004). Получена е максимална продължителност на магмено-хидротермалното дейност от 0,5 до 1,1 млн.г. и е намерено решение за един от световните проблеми при изучаване на златорудните находища, тъй като досегашното използване на Ag-Ag метод за датирание на минерали от околорудните променителни зони не позволяваше да се маркира началото на магмено-хидротермалната дейност, а само нискотемпературните стадии на минерализация (Quadt *et al.*, 2005);

С прилагането на U-Pb метод по циркони и рутили и Re-Os метод по молибденит е определена възрастта на магмените и високотемпературните хидротермални продукти в находищата Елшица и Влайков връх (Peytcheva *et al.*, 2003; Zimmerman *et al.*, 2003; Quadt *et al.*, 2005);

Датирани са и са характеризирани изотопно-геохимично магмените продукти от рудоносната фаза в Тимошката зона, Сърбия (Quadt *et al.*, 2002; Quadt *et al.*, 2003; Vanjesevic *et al.*, 2004);

Изотопно-геохимичните и геохронологички изследвания на магмените продукти в Централното Средногорие показват миграция на магматизма от север на юг, което се свързва с огъване на субдуциращия клин (Quadt, Peytcheva, 2004; Quadt *et al.*, 2005);

Горнокредните магмени продукти в Централното Средногорие са резултат от сложни процеси на мантийно топене и смесване с корови компоненти. За

оценката на влиянието на вместващите скали върху геохимичните характеристики на горнокредните магми са проведени редица изотопни изследвания на фундамента в Средногорската зона и Централния Балкан - метаморфити, Херцински гранити (Веженски, Стрелчански, Копривщенски, Лисичовски и др.) и габра (Медетско габро) (Kamenov *et al.*, 2002; Peytcheva, Quadt, 2004).

**Тема: „Акцесорни минерали от интрузивни скали”** (Е. Тарасова)

Основни резултати

Резултатите от изследването на Fe-Ti-Mn оксиди от многофазни горнокредни интрузии в Източното Средногорие (Омано-Факийски, Гранитовски, Малкогърновски плутони) показаха: а) съответствие на техните състави със съставите на генериралите ги магматични фази; б) няколко генерации магнетит в рамките на една фаза (с и без илменитови отсмесвания); в) субсолидусното уравнивяване на съставите на съществуващите Fe-Ti-Mn оксиди е протичало в постмагматични условия с тенденция за намаляване на температурата от базичните към киселите фази; г) разпределението на основните елементи-примеси (Al, Cr, Mn, Mg, Si, V) в съществуващите магнетити и илменити показва полярност само в разпределението на Mn и V, като най-големи вариации са характерни само за Mn. Като нов минерал за България е установен пиропанит (Тарасова, Тарасов, 1998; Тарасова, 1998).

Изследвани са минерали от епидотовата група (аланити и епидоти) в Скрътските порфирни гранитоиди. Установено е, че са ранномагматични фази и съставът им отразява смесения характер на родоначалната магма. Особеностите в състава на двата установени типа аланити позволяват да се предположи, че в най-ранните етапи на магматичната история (формиране на аланит I) гранитоидната стопилка е била с междинни (А- и I-тип) геохимични характеристики. С напредване на процеса на топене и асимилация, магмата постепенно се е обогатявала с S-тип протолитов компонент, което се е отразило и върху спецификата на състава на аланит II. Двата типа аланити, установени в Скрътските гранитоиди, са индикаторни за ранните етапи на магматичната история на интрузива (Tarassova, Tarassov, 2004; Тарасова, Тарасов, 2004).

## Б. Хидротермални системи

**Тема: „Процеси на минералообразуване и геолого-генетични модели на находищата от Флуоритовата формация в България”** (Б. Зидарова, Н. Зидаров)

Основни резултати

*Находище Чипровци-изток.* Направена е цялостна характеристика на флуоритовата минерализация, изяснени са условията, термичния режим и механизмът на нейното образуване. Изследванията на геоложкото

положение на минералните тела, съставът и фазовите взаимоотношения позволиха създаването на геолого-генетичен модел за находището. Направена е оценка за приложението на отделените типове суровина в различни производства в зависимост от технологиите на добив и преработка (Зидаров, Зидарова, 1996; Zidarova, Zidarov, 2000). Проведени са предварителни Sm/Nd и Rb/Sr изотопни определения на разновидностите флуорит и е проследено влиянието на вместващите минерализацията мрамори и диабази. Установено е, че мобилността на Sr изотопи в хидротермални условия оказва силно влияние върху стойностите на изотопните отношения, съдържанията на Sm са ниски, а тези на Rb варират в тясна област. Използваните двата изотопни метода (Sm/Nd и Rb/Sr) се оказаха неподходящи за датирание на минерализацията в находището (вж. Зидарова и др. в настоящия сборник).

*Находище Славянка.* Изследван е характерът и разпределението на химичната нееднородност (макроскопската и микроскопската зоналност) на флуорита и са установени факторите, довели до нея – пулсационно постъпване на хидротермалните разтвори или кристализация при вариращи физико-химични параметри. Указание за това е зоналното разпределение на структурните и неструктурни примеси, т.е. присъствието им във всяка порция от хидротермалния разтвор и селективното им захващане в растящите кристали и агрегати. Количеството и съставът на примесите в отделните порции разтвор е в зависимост от неговата еволюция по време на всеки импулс от хидротермалната дейност в находището, а колебанията в разпределението им обуславят сложния характер на химическата нееднородност във флуорита от това находище (Зидарова, 1995; Zidarova, 1995; 2003). Изследвани са дисипативни структури на флуоритови агрегати и е направен математичен модел за техния растеж в каверните от находище Славянка (Zidarova *et al.*, 2002). Проследяването на измененията в температурата и състава на минералообразуващите флуиди, отложили флуорита в находището, чрез изследване на температурите на хомогенизация и състава на флуидните включения в различните минераложки разновидности (Зидарова, Пиперов, 1995; Pipergov, Zidarov, 1995) позволиха да се направи реконструкция на палеохидротермалната система и създаването на геолого-генетичен модел за находището (Zidarova, Zidarov, 1995b; 1995d).

*Находище Михалково.* Разгледан е механизъмът на флуоритообразуването в хидротермалния палеокарст (Zidarova, Zidarov, 1995a) и е създаден геолого-генетичен модел за находището (Zidarova, Zidarov, 1995c).

Намирането на закономерности в разпределението на РЗЕ, проследяването изменението на спектроскопските характеристики (фото-, рентгено- и термолуминесценции, УВ, В и ИЧ спектри) в зависимост от съдържанието и типа на РЗЕ, включени във флуоритите от главните български находища (Чипровци, Славянка и Михалково), допълниха и спомогнаха за

разработването на обобщен геолого-генетичен модел за находищата от Флуоритовата формация в България, позволяващ даването на прогнозни оценки за тях (Зидарова, Зидаров, 2004).

**Тема: „Хидротермални рудни минерализации от Източно Средногорие и Източни Родопи”** (Е. Тарасова)

Основни резултати

Изследвана е златорудната минерализация при с. Доброселец, Източно Средногорие и е доказана връзката ѝ с магматичната система на Гранитовския плутон (Каменов и др., 1996; Kamenov *et al.* 2000).

Въз основа на минералните взаимоотношения, химичния състав на минералите и термометричните данни за кварца от хидротермално-метасоматичните образувания на Полскоградецката рудомагматична система, с която е свързана единствената в Източното Средногорие волфрамова минерализация, е установена следната последователност на тяхното формиране (от ранни към късни): скарни и хорнфелзи, хидротермално променени интрузивни скали, орудени кварцови жили и околжилни метасоматити (Kamenov, Tarassova, 1995; Тарасова и др., 1996).

Изследването на златинки от шлихови проби от участъци с прояви на хидротермална дейност в Омано-Факийския и Малкогърновския плутони в Източното Средногорие, показва състави (пробност 710-920 ‰ и 780-990 ‰), морфология и съпътстваща минерална асоциация, характерни за самородното злато, формирано в епитермални условия (Тарасова и др., 1997; Тарасова и др., 2001).

За пръв път като продукти на хидротермалната дейност в Звездел-Пчелоядското рудно поле, Източни Родопи са установени Ni-Co-Fe сулфоарсениди и сулфиди, от които антимоновият герсдорфит е нова минерална разновидност за България (Тарасова, 1999a).

Строежът и съставът на самородно злато от бедните сулфидни минерализации в Лозенските и Коларовските метагранити в Беласица планина свидетелстват, че то е продукт от късни наложени на метагранитите хидротермални процеси (Тарасова, 1999b).

**Тема: „Скарнови минерализации от Звезделското рудно поле”** (Я. Цеганова)

Основни резултати

Описана е минералогията на зонални калциеви скарни, включени в монзонитите на Звезделския плутон. Рентгеноспектралните микроанализи и преизчислените кристалохимични формули показват присъствието на: три типа гранати – меланити, grosular-андрадити и почти чисти grosulari; два типа пироксени (от диопсид-хеденбергитовата серия и т.нар. фасаити), воластонит; епидот, плагиоклаз, скаполит, титанит. Определен е редът на кристализация и физико-химичните условия на образуване на минералите от калциевите скарни (Tzvetanova, 2002).

**Тема: „Минералогия и генезис на рудни асоциации в ултрабазити и метасоматити”** (З. Цинцов)

Основни резултати

Изучени са минераложките особености на самородното злато, самородното сребро, акантит и стълбчато-влакнест магнетит от ултрабазити от Източните Родопи. Доказано е, че последният е образуван в резултат от псевдоморфоза по азбест (Желязкова и др., 2000; Tsintsov, Kunov, 2000).

Изследвана е сулфидна минерализация, представена от моносулфидни твърди разтвори (пиротин и троилит), пентландит и пирит в серпентинизирани ултрабазити от Централното Средногорие. Троилитът е първа находка за България от коренни скали (Tsintsov et al., 2003; Банушев и др., 2004).

Изследвани за съдържание на злато са жилни и метасоматични орудявания от около 50 хидротермални проявления в Централното Средногорие. Отделени са 6 минералообразователни стадия и е доказано, че самородното злато основно е съсредоточено във втория от тях – кварц-арсенопирит-златен. Изучени са минераложките особености на самородното злато. Отделени са 4 проявления като перспективни за проучване.

## **В. Хидротермално-седиментни рудообразователни системи**

**Тема: „Палеохидротермална рудообразователна система на Кремиковското комплекснорудно находище”** (Ж. Дамянов)

Основни резултати

Извършено е обобщение върху геоложкия строеж, минералогията (с пълен преглед на установените минерални видове и разновидности), типове минерални суровини (промишлени и потенциални) и зоналността на находище Кремиковци (Дамянов, 1995б). Направен е детайлен анализ на съществуващите хипотези за генезиса на находището. Обоснован е нов хидротермално-седиментен генетичен модел от рециклингов тип на първичното рудообразуване (Damyanov, 1996a; 1998). Въз основа на данните от изследванията на стабилните Pb и Sr изотопи са изяснени основните източници на рудно вещество (подстилащите скали от кратонизирания палеозойски фундамент и подкорови деривати на базалтоидна магма) и рудообразуващ разтвор (смесени морски и метеорни води, нагрети и минерализирани в процеса на конвекция в подстилащия палеозойски фундамент). Доказана е доминиращата роля на биогенния въглерод (най-вероятно извлечен от богати на органично вещество палеозойски седименти при циркулацията на хидротермалните разтвори) за образуването на кремиковската сидеритова руда. Обоснована е необходимостта от геолого-икономическа преоценка на металогенния потенциал на известните в региона находища, рудопроявления и минерализации от „кремиковски” тип, въз основа на новите данни за генезиса на находището (Дамянов, 1995в; Damyanov, 1996a).

Доказана е връзката между химичния състав и процеса на образуване на сидерити от различни типове находища по света (Damyanov, 1998). Построена е диаграма в координати Mg/Fe спрямо Al/Si, позволяваща разграничаването на бертиерини с различен произход (хидротермален доруден, хидротермален руден, морски диагенетен, континентален диагенетен и континентален диагенетен от латеритни/бокситови формации), както и на бертиерин от близкия по състав и минераложки особености единит от съвременните плитководни седименти на континенталния шелф, която може да се използва за диагностично-корелативни цели и генетични интерпретации. Установено е, че филосиликатната минералогия на железорудните формации се контролира не толкова от спецификата на рудообразователните процеси, колкото от източника и състава на рудообразуващия разтвор (Damyanov, Vassileva, 2001).

Разработен е геолого-генетичен модел на епигенетичната прожилково-впръсната филосиликатно-сулфидно-баритова минерализация в първичните железокarbonатни руди и скали от находище Кремиковци (Damyanov, Vassileva, 2001). Този модел или отделни елементи от него са приложими и за други находища на епигенетични барит-сулфидни орудявания в карбонатни скали. От друга страна, установените базови характеристики на асоциираната филосиликатна минерализация могат да бъдат използвани за ясно разграничаване на син- и епигенетичните рудни тела в стратифицираните полиметални находища тип SEDEX, като важна стъпка при оценката или преоценката на техния руден потенциал.

Обоснована е необходимостта съотношението Ba/Sr и кристаломорфоложките характеристики на барита да се използват в добивната практика като базови критерии при окачествяването на телата за добив на висококачествена баритова суровина.

**Тема: „Минералогия на съвременни рудоносни седименти от океанските рифтови зони”** (Ж. Дамянов и др.)

Свързан проект: „Минераложки изследвания на самородни метали и сплави от металоносните утайки на океанските рифтови зони (Източно-Тихоокеанско издигане, 21° ю. ш. и Срединно-Атлантически хребет, 26° с. ш. – хидротермално TAG” (частично финансиран от НС „Научни изследвания”).

Основни резултати

С помощта на комплекс от изследователски методи са изучени металоносните седименти, разположени край сулфидните постройки от хидротермалното поле TAG (зона MIR) на Срединно-Атлантическия хребет (Damyanov et al., 1998). Извършена е детайлна фазова идентификация на сулфидите, железните смектити, атакамита, мангановите микроконкреции и опала-СТ. Изяснени са особеностите в тяхната морфология, химичен състав и физични характеристики. Обосновани са възможните физикохимични условия на формиране и растеж. Предложен е модел на образуване, свързан с особеностите

на седиментация и състава на коренните скали и хидротермалните постройки в региона.

Изучени са минераложките особености (морфология, химичен състав, микропримеси, оптични и рентгеноструктурни характеристики, химична и фазова нехомогенност, асоцииращи минерали и др.) на редица самородни метали и сплави (самороден Al, Sn, Cu и Ni, дву- и трикомпонентни сплави от системите Cu-Zn, Ag-Cu, Sn-Pb, Sn-Cu и Sn-Pb-Cu) от металоносните седименти от Източно-тихоокеанското издигане „ИТИ“ (21° ю.ш.) и Срединно-Атлантическия хребет „САХ“ (26° с.ш. – хидротермално поле TAG) (Dekov *et al.*, 1996; 1999; 2001; Dekov, Damyanov, 1997). Обоснована е хипотезата, че самородното минералообразуване е елемент от магмено-тектонското развитие на съвременните океански рифтови зони, типично за определен етап от тяхната еволюция и свързано с високотемпературни подкорови минералообразователни процеси. Присъствието на самородни метали и сплави в металоносните седименти от ИТИ и САХ, които остават непроменени, въпреки неблагоприятните за запазването им в подобна обстановка условия показва, че те могат да бъдат съхранени в метастабилно състояние благодарение на моноатомния окисен слой и коричките от вторични образувания, предотвратяващи по-нататъшното им изменение в неравновесните условия на океанската седиментация и диагенеза.

## Г. Хипергенни системи

**Тема: „Минералогия на окислителната зона на находище Брусевци, Маджаровско рудно поле“**  
(Я. Цветанова)

Основни резултати

Изследвани са морфологията, оптичните свойства, кристалохимията, параметрите на елементарната клетка, IR-спектри, ДТА характеристики и условията на образуване на оловните фосфати коркит, пироморфит и плумбохумит от окислителната зона на находище Брусевци. За пръв път е описан коркит от България (Tzvetanova, 1995; 2003).

**Тема: „Минерали на елементи от групата на платината в разсипи“** (Здр. Цинцов)

Основни резултати

Доказани са 7 нови за България проявления за разсипни минерали на елементите от групата на платината (МГП), разкрити в алувиални седименти на: р. Места (Гоцеделчески грабен), р. Струма (Благоевградски и Кюстендилски грабен), р. Искър (около гр. Самоков), р. Палакария (около с. Ярлово), р. Върбица (между с. Добромирци и гр. Момчиловград), р. Тунджа (Стралджански грабен) (Цинцов, 1998; Tsintsov, 1999; 2000; 2001; 2003; 2004; Bachmann, Tsintsov, 2003; Tsintsov, Grozdanov, 1996).

Изяснен е фазовия състав на МГП от тези проявления, представен от 19 минерални вида (самородна платина, изофероплатина, иридий, рутений, осмий, рутениридосмин, мертиерит II, куперит, брагит, боуит,

кашинит, купрородсит, сперилит, лаурит, ерлихманит, ирарсит, холингуортит, рустенбургит и ненаименован минерал  $(Pt_{0.42}Rh_{0.26}Cu_{0.22}Fe_{0.12})_{1.02}S_{0.98}$ , шест от които са нови находки за страната (рутениридосмин, мертиерит II, кашинит, купрородсит, сперилит и рустенбургит) и 1 фаза без аналог в литературата  $(Pt_{0.42}Rh_{0.26}Cu_{0.22}Fe_{0.12})_{1.02}S_{0.98}$ . Изучени са особеностите (зърнометричен състав, морфология, вариации в химизма и стехиометрията, включения от други фази) и характера на разпределение на тези минерали в изследваните седименти (Цинцов, 1998; Tsintsov, 1999; 2000; 2001; 2003; 2004).

Изяснено е поведението на сперилита при нагряване в температурния интервал 400-900 °С. Обоснован е модел за характера на коренните източници, кристализационната среда и поведението при механичния транспорт в разсипа на изследваните МГП.

## Д. Други системи

**Тема: „Термотрасфузионен модел на преразпределение на златото в скалите“** (О. Витов)

Търсенето на златни орудявания чрез геохимични методи (Marinova, Vitov, 1998) и шлихово-минераложките опробвания, както и изследванията върху морфологията на самородните златинки и химичния им състав показват особености, които могат да се обяснят и да се опишат с физичен модел на дифузия на златни атоми в скалите на земната кора при наличие на термоградиентно поле (Витов, Маринова, 1998). Този модел, за краткост именуван „термотрасфузионен модел“, описва закономерното изменение на съдържанието на злато в пробите и симетрията на златните аномалии спрямо топлинния източник (Маринова, Витов, 1998). Статистическите разпределения на съдържанието на злато в пробите се описва с модел на Поасон.

Основни резултати

Установено е, че основните стойности и дисперсиите на съдържанието на злато са функционално свързани (Маринова, Витов, 1998) и отразяват термичната еволюция на скалите. Това налага при изчисление на запаси (ресурси) от злато да се въвежда корекционен коефициент  $>1$  и възможност да се индикират палеотермични граници по данни от златометрията. Тези граници могат да бъдат колизионни граници между континентален и океански тип земна кора (Marinova, Vitov, 1997), тектонски зони и системи от разломи и дайки, крипторазломи, ендоконтакти на интрузии. В случаите на точков източник на топлина, примерно вулкански нек, се изявяват пръстеновидни златни геохимични аномалии.

Установено е, че периодичностите в разпределението на златото в земната кора се описват ефективно с Фурие-модел (Marinova, Vitov, 2001). Натрупването на злато в геоложката история съвпада с епохи и местата на тектоно-магматична активност – области на подгряване на земната кора.

Моделът е проверен и потвърден с независим експеримент – дифузия на злато в тухла от стената на пещ за черна мед и с резултати от анализа на данни от шлихово-минераложките опробвания на България – подредба на златото от пробите в ивици, съпадащи със зони на тектоно-магматична активност, формиране на шлихово-минераложки аномалии на злато в междуинтрузивни области на територията на страната.

Показано е, че златото, разсеяно в земната кора има поведение на тежък газ – златни атоми, които извършват движение в порестата среда на скалите и при наличие на термичен градиент се движат към области с максимален градиент, където кондензират във вид на емулсионни капки в минералите, дендрити в пукнатини и кристали в свободни обеми.

Термоградиентните системи са големи по размер, но областите с висок термичен градиент (точки на инфлексия на температурното поле, зони на кипене, граници на контрастни топлинни свойства на скалите), са малки обеми от земната кора. За откриване на такива обекти е необходимо да се проектират мрежи на опробване със специфични параметри (Marinova, Vitov, 2004).

От извършените изследвания се установява, че златото в скалите е в две форми – едро злато, откриваемо с методите на шлиховата снимка (естествен и изкуствен шлик) и „невидимо“ (разсеяно) злато с малки размери на златинките, откриваемо с геохимични методи. При изчисляване на запаси от злато и оценка на златни аномалии, трябва да се отчитат съдържанията и на двата вида злато.

### ***Общи закономерности при възникването, трансформацията и взаимодействието на минералните системи*** (Н. Зидаров)

Като общ резултат от изследванията по проекта, които са съобразени с данните на други автори, могат да бъдат набелязани следните общи закономерности при възникването, трансформацията и взаимодействието на минералните системи:

1. Всяка геоложка, респ. минерална система, независимо от йерархичната подчиненост на нейните елементи, се характеризира със самоорганизация на вътрешното ѝ състояние, което се стреми към енергетично равновесие при определени физикохимични условия.

2. Изменението на външните условия довежда до промени в системата, в т.ч. извършването на работа, свързана с поглъщане или загуба на енергия, което довежда до възникването на нови системни отношения между съставните ѝ части.

3. Пространствено сближените геоложки системи на всяко йерархично ниво на организация взаимодействат по между си, което се изразява в постепенни преходи между тях до установяването на сравнително трайни промени, респ. ново състояние на системата.

4. Скоростта на геоложките процеси зависи от ранга на системата – колкото той е по-висок (т.е. по-енергоемък), толкова тя е по-ниска.

5. Дейността на живите системи (вкл. човека) във всяка природна среда е насочена срещу равновесието до момента на тяхното разрушаване. Последващите епигенетни процеси са насочени към установяване на ново устойчиво равновесие при определени физикохимични условия.

6. Характерна черта на всяка геоложка система е наличието на нееднородности във всяко йерархично ниво, дължащи се на неравномерните разпределения на вътрешната енергия в нейното начално състояние и различната скорост на трансформация на елементите ѝ до установяването на нови равновесни условия.

7. Условията, определящи началното състояние на системата са:

- физико-химични параметри на средата на минералообразуване – температура, налягане, концентрация на разтворите, електромагнитни полета, окси-редукционен потенциал, рН (за водните разтвори);
- взаимоотношенията минералообразуваща среда – минерални фази;

- съществуването на всички системи в условията на постоянно земно гравитационно поле.

8. Условие, определящо енергетичното състояние на системата при нейната трансформация е наличието на фазови граници между минералните индивиди (в подсистемата минерален агрегат). Взаимодействието на минералните индивиди, съобразно наличието или отсъствието на агент-посредник, се осъществява или във флуидна среда, необходима за протичането на химични реакции или твърдофазно.

9. Дефектите в кристалната структурата на минералните индивиди са своеобразни „шлюзове“, по които циркулира енергията (и веществото) при тяхната трансформация. Дефектите в опаковката на минералните индивиди, изграждащи минералните агрегати, определят на това ниво вида и скоростта на трансформациите.

10. Всички системообразуващи процеси протичат в градиентни полета, които в зависимост от потенциала им, определят тяхната насоченост (векторност) в пространството и времето.

### **Перспективи**

Перспективите в развитието на проекта са свързани с усъвършенстване на методичния подход по отношение на обвързката на елементите на моделните системи с анализ на емерджентните им свойства и качествени изменения, прилагане на математично моделиране и включване на нови моделни системи.

### **Литература**

- Банушев, Б., З. Цинцов, Д. Стоянов. 2001. Силифицирани туфи от района на Кърджали. - *Минно дело и геология*, 3, 34-38. (с резюме на англ. ез.)
- Банушев, Б., З. Цинцов, М. Сивилов. 2004. Серпентинизирани ултрабазити от района на с. Церово, Пазарджишко и свързаната с тях рудна минерализация. - *Год. МГУ*, 47, 1, 21-26.

- Витов, О., И. Маринова. 1998. Термотрансфузионен модел на миграция на златото по данни от вторични ореоли на разсейване. - *Геология и минерални ресурси*, 10, 15-22. (с резюме на англ. ез.)
- Витов, О., И. Маринова. 2003. Избор на мрежа на опробване за търсене на малки златни находища в Западния Балкан. - *Минно дело и геология*, 10, 35-40. (с резюме на англ. ез.)
- Дамянов, Ж. 1995а. Декоративният калцит от находище Кремиковци. - *Сп. БГД*, 56, 2, 19-34 (с резюме на англ. ез.)
- Дамянов, Ж. 1995б. Минерален състав, зоналност и генезис на находището. - В: *Барит-железородното находище Кремиковци и юрската система в района*. Пътеводител, С., МГУ, 15-23.
- Дамянов, Ж. 1995в. Критерии за търсене на полиметално-барит-железородни („кремиковски тип“) стратиформни находища в карбонатни скали от Средецкия руден район. - В: Сб. рез. на II Нац. Симпозиум „Металогения на България“, София, 35-38.
- Димитров, Р., Н. Вардев, О. Витов, В. Георгиев. 1996. Рудни формации в Осоговско-Милевския регион. - *Сп. БГД*, 57, 35-46. (с резюме на англ. ез.)
- Дончев, И., Н. Лихарева, Я. Цветанова. 2004. Ново находище на целестин в долно-кредните седименти край с. Крушето, Горноряховска община, България. - *Годишник на СУ, ГГФ*, кн.1-геология, 97, 45-53.
- Желязкова-Панайотова, М., З. Цинцов, Г. Пашов. 2000. Хидротермални златни минерализации в ултрабазити край с. Добромирци, Кърджалийско. - *Годишник на СУ, ГГФ*, кн.1 – геология, т. 93, 173-186. (с резюме на англ. ез.)
- Зидаров, Н., Б. Зидарова. 1996. Флуоритовата минерализация в Чипровската рудна зона – особености, развитие и морфогенетични типове. - *Сп. БГД*, 57, 3, 1-14 (с резюме на англ. ез.)
- Зидарова, Б. 1995. Характер и разпределение на химичната нееднородност във флуорита от находище Славянка. - *Геох., минер. и петрол.*, 30, 99-106. (с резюме на англ. ез.)
- Зидарова, Б., Н. Зидаров. 2004. Главни елементи на общия геологогенетичен модел за находищата от Флуоритовата формация в България. - *Сп. БГД*, 64, (с резюме на англ.ез.) (под печат)
- Зидарова, Б. П., Н. Б. Пиперов. 1995. Температура и молекулен състав на минералообразуващите флуиди във флуоритовото находище Славянка. - *Сп. БГД*, 56, 2, 9-18. (с резюме на англ. ез.)
- Каменов, Б., Е. Тарасова, З. Илиев, П. Петров. 1996. Рудномагматичната система на Гранитовския плутон: 1. Рудните минерализации. - *Годишник на СУ, ГГФ*, кн.1-геология, 89, 107-119. (с резюме на англ. ез.)
- Костов-Китин В. 1996. Характеристика на злато от находище Чала, Източни Родопи. - *Годишник на СУ, ГГФ*, кн.1- геология, 89, 161-174.
- Лихарева, Н., К. Митов. 1999. Определяне на арсенити и арсенати в утайки. - *Минно дело и геология*, 6-7, 47-49. (с резюме на англ. ез.)
- Малеев, М., Н. Зидаров. 2002. Софийска инициатива „Сохранение минералното разнообразие“. - В: Международна научно-техническа конференция „Минералните ресурси и човекът“, т. I, Септември 17-19, Варна, 301-307. (с резюме на англ. ез.)
- Мачева, Л. 1998. 3-Т фенгити в скалите от Белоречката метаморфна група, Източни Родопи – индикатор за високо баричен метаморфизъм. - *Геох., минер. и петрол.*, 35, 17-29. (с резюме на англ. ез.)
- Маринова, И., О. Витов. 1998. Статистически модел на разпределението на съдържанията на злато във вторичните ореоли на разсейване. - *Геология и минерални ресурси*, 4, 35-38.
- Паздеров, Р., З. Цинцов. 2000. Ахатови геоди от района на яз. „Студен кладенец“, Кърджалийско. - *Минно дело и геология*, 3-4, 29-37. (с резюме на англ. ез.)
- Ратиев, Л., Ж. Дамянов. 1995. Геохимични особености на кремиковската сидеритова руда. - *Минно дело и геология*, 50, 5, 5-9. (с резюме на англ. ез.)
- Тарасова Е. 1998. Акцесорни Fe-Ti оксиди от Омано-Факийския плутон, Източно Средногорие. - *Сп. БГД*, 2-3, 151-155. (с резюме на англ. ез.)
- Тарасова, Е., 1999а. Ni-Co-Fe сулфоарсениди и сулфиди и техните минерални парагенези от Звездел-Пчелоядското рудно поле, Източни Родопи. - *Геох., минер и петрол.*, 36, 137-147. (с резюме на англ. ез.)
- Тарасова, Е. 1999б. Самородно злато в метагранитоиди от Беласица. - *Минно дело и геология*, 10, 17-20. (с резюме на англ. ез.)
- Тарасова, Е., З. Илиев, П. Петров. 2001. Шлиховото злато от района на Омано-Факийския плутон, Източно Средногорие. - *Годишник на СУ, ГГФ*, кн.1 – геология, 91, 117-122. (с резюме на англ. ез.)
- Тарасова, Е., З. Илиев, Р. Илиев. 1997. Шлиховото злато от Малко Търновското рудно поле. - Юбилеен сборник на СУ „50 години специалност геология“, 47-50.
- Тарасова, Е., М. Тарасов. 1998. Акцесорни Fe-Ti оксиди от Малко-търновския плутон, Източно Средногорие. – *Геох., минер. и петрол.*, 34, 43-50. (с резюме на англ. ез.)
- Тарасова, Е., М. Тарасов. 2004. Акцесорни аланити (Ce) от Скрътските порфирни гранити – Сръбско-Македонски масив. - *Геология и минерални ресурси*, 3, 14-16.
- Тарасова, Е., М. Тарасов, Ек. Димитрова. 2004. Рифови варовици от Източните Родопи. - *Минно дело и геология*, 10, 40-43.
- Тарасова, Е., М. Тарасов, Ю. Христова. 1996. Хидротермално метасоматичните образувания, свързани с Полско Градецкия плутон, Източно Средногорие. - *Сп. БГД*, 2, 69-75. (с резюме на англ. ез.)
- Тарасова, Е., П. Петров. 2001. Рудни минерализации в района на Омано-Факийския плутон, Източно Средногорие. - *Минно дело и геология*, 3, 39-44. (с резюме на англ. ез.)
- Цветанова, Я., Л. Грозданов. 1995. Пироксени от еоценските седименти от карьерата в района на с. Новоселци, Бургаско. - *Геох., минер. и петрол.*, 30, 51-62. (с резюме на англ. ез.)
- Цинцов, З. 1998. Състав, разпространение и транспорт на минералите на елементите от групата на платината в алувиалните седименти на Благоевградския грабен. - *Сп. БГД*, 59, 2, 59-65. (с резюме на англ. ез.)
- Цинцов, З. 1999. Попътен добив на злато при производството на инертни материали у нас – опит и перспективи. - *Минно дело и геология*, 10, 14-17. (с резюме на англ. ез.)
- Цинцов, З., Б. Банушев. 2002. Характеристика на аметистовите ахати от Крумовградско. - *Минно дело и геология*, 1, 23-27. (с резюме на англ. ез.)
- Antonova, D., M. Tokmakchieva, Z. Damyanov. 1998. The presence of Au, Ag, Pt, Pd, La, Ce and U in the Upper Cretaceous deposits of the central and eastern parts of Bulgaria. - *Mining software and information technology*, 4, 10-15.
- Atanasova-Vladimirova, S., B. Mavrudchiev, A. v. Quadt, I. Peycheva, S.Georgiev. 2004. Petrology and geochemistry of lamprophyric dykes in the Vitosha pluton. - In: Proc Ann. Sci. Conf., BGS, "Geology 2004", December 16-17, Sofia, 100-102.
- Bachmann, H-G, Z. Tsintsov. 2003. Placer gold in SW-Bulgaria: past and present. - *Gold Bulletin*, 36, 4, 138-143.
- Banjesevic, M., V. Cvetkovic, A. v. Quadt, I. Peycheva. 2004. Late Cretaceous evolution of the Timok Magmatic Complex (TMC) inferred from new data on age and geochemistry of volcanic rocks. - In: Proc. 5<sup>th</sup> Intern. Symp. on Eastern Mediterranean Geol., v.3, April 14-20, Thessaloniki, Greece, 1080-1083.
- Georgieva, S., R. Petrunov, R. Moritz, S. Stoykov, I. Peycheva, A. v. Quadt. 2004. Temporal relationship between volcanism and the hydrothermal system in the region of Chelopech high-sulphidation Cu-Au deposit: constraints from geochronological and mineralogical data. - In: Proc Ann. Sci. Conf., BGS, "Geology 2004", December 16-17, Sofia, 21-23.
- Damyakov, Z. 1995a. Zoning of the Kremikovtsi marble onyx. - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 48, 3, 33-36.
- Damyakov, Z. 1995b. Triassic metallogenesis in the West Balkan. - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 48,11-12, 75-78.
- Damyakov, Z. 1996a. Genesis of the Kremikovtsi deposit and metallogenetic perspectives of the Sredec iron ore region. - *Geologica Balc.*, 26, 4, 3-24.
- Damyakov, Z. 1996b. Genetic model of primary ore formation in the Kremikovtsi carbonate-hosted submarine exhalative iron (+Mn)-barite (+base metals) deposit, West Balkan, Bulgaria. - In: *Plate Tectonic Aspects of the Alpine Metallogeny in the Carpatho-Balkan Region*, vol.1, 39-45.
- Damyakov, Z. 1998. Ore petrology, whole-rock chemistry and zoning of the Kremikovtsi carbonate-hosted sedimentary exhalative iron (+Mn)-barite-sulfide deposit, Western Balkan, Bulgaria. - *N. Jb.*



- Miner. Abh.*, 174, 1, 1-42.
- Damyanov, Z., M. Vassileva. 2001. Authigenic phyllosilicates in the Middle Triassic Kremikovtsi sedimentary exhalative siderite iron formation, Western Balkan, Bulgaria. - *Clays and Clay Minerals*, 49, 6, 559-585.
- Damyanov, Z., M. Vassileva, J. Kortenski, A. Sotirov. 2001. Petrology of the organic matter in the Kremikovtsi siderite iron formation, West Balkan Mountain, Bulgaria. - In: *Eighteenth Annual Meeting of the Society for Organic Petrology*, Ext. Abstracts, 23-26 September, Houston, Texas, USA, vol.18, 36-40.
- Damyanov, Z., S. Bakardjiev, P. Popov. 1996. Mineralogy, geology and genesis of the Kremikovtsi carbonate-hosted submarine exhalative iron (+Mn)-barite (+base metals) deposit, West Balkan, Bulgaria. - In: *Plate Tectonic Aspects of the Alpine Metallogeny in the Carpatho-Balkan Region*, vol.1, 29-37.
- Damyanov, Z., V. Dekov, A. Lisitsyn, Y. Bogdanov, G. Aidanliiski, V. Dimov. 1998. Mineralogical features of the near sulfide mound sediments: MIR zone, TAG hydrothermal field (Mid-Atlantic Ridge, 26°N). - *N. Jb. Miner. Abh.*, 174, 1, 43-78.
- Dekov, V., Z. Damyanov, E. Mandova. 1996. Native tin and tin alloys from axial metalliferous sediments of an ultra-fast spreading centre: East Pacific Rise, 21°S survey area. - *N. Jb. Miner. Mh., Abh.*, 9, 385-405.
- Dekov, V., Z. Damyanov. 1997. Native silver-copper alloy in metalliferous sediments from the East Pacific Rise axial zone (20°30'-22°10'). - *Oceanologica Acta*, 20, 501-512.
- Dekov, V., Z. Damyanov, G. Kamenov, I. Bonev, K. Bogdanov. 1999. Native copper and  $\alpha$ -copper-zinc in sediments from the TAG hydrothermal field (Mid-Atlantic Ridge, 26°N): nature and origin. - *Marine Geology*, 161, 2-4, 229-245.
- Dekov, V., Z. Damyanov, G. Kamenov, I. Bonev, I. Rajta, G. Grime. 2001. Sorosite (h-Cu<sub>3</sub>Sn<sub>2</sub>) – bearing native tin and lead assemblage from the Mir zone (Mid-Atlantic Ridge, 26°N). - *Oceanologica Acta*, 24, 3, 205-220.
- Kamenov, B., E. Tarassova. 1995. The Polskigradetz pluton from Eastern Bulgaria - petrology, geochemistry and ore mineralizations. - In: *Proc. of the XV congress of KGBA*, Athens, Greece, No 4/2, 527-532.
- Kamenov, B., E. Tarassova, R. Nedialkov, B. Amov, P. Monchev, B. Mavroudchiev. 2000. New radiometric data from Late Cretaceous pluton in Eastern Srednogie area, Bulgaria. - *Geochem., miner. and petrol.*, 37, 5-24.
- Kamenov, B., A. von Quadt, I. Peytcheva. 2003. New insight into petrology, geochemistry and dating of the Vejen pluton, Bulgaria. - *Geochem., miner. and petrol.*, 39, 3-25.
- Kamenov, B., A. von Quadt, I. Peytcheva. 2003. Petrological, geochemical and isotopic constraints for magma origin and evolution of the Capitan-Dimitriev pluton, Central Srednogie, Bulgaria. - *Geochem. Miner. Petrol.*, 41, 21-53.
- Kamenov, B., Y. Yanev, R. Nedialkov, R. Moritz, I. Peytcheva, A. v. Quadt, S. Stoykov, A. Zartova. 2004a. An across-arc petrological transect through the Central Srednogie Late-Cretaceous magmatic centers in Bulgaria. - In: *Proc Ann. Sci. Conf., BGS, "Geology 2004"*, December 16-17, Sofia, 35-37.
- Kamenov, B., Y. Yanev, R. Nedialkov, R. Moritz, I. Peytcheva, A. v. Quadt, S. Stoykov, A. Zartova. 2004b. Petrology of Late-Cretaceous island-arc ore-magmatic centers from Central Srednogie, Bulgaria: magma evolution and paths. - *Int. Earth Sci.*
- Kamenov G., V. Kostov-Kytin, O. Petrov. 1999. Sr-Bearing Chabazite from the Kayryaka Quarry, Bourgas Region, Bulgaria. - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 52, 9-10, 59-62.
- Lihareva, N. 2003. Comparison between fractionation of ash metals using a sequential extraction procedure and single extraction. - *Bulg. Chem. Comm.*, 35, 1, 59-64.
- Lihareva, N. 2003. Study of metals fractionation in ash samples using a sequential extraction procedure. - *Bulg. Chem. Comm.*, 35, 2, 110-114.
- Lihareva, N., M. Delaloye. 1997. Determination of Hf, Sc and Y in geological samples together with the REE. - *Fresenius J. Anal. Chem.*, 357, 314-316.
- Lihareva, N., P. Kosturkova, C. Vakarelska. 2000. Application of sodium carbonate-zinc oxide decomposition on mixture on ICP-AES determination of boron in tourmaline. - *Fresenius J. Anal. Chem.*, 367, 84-87.
- Marinova, I., O. Vitov. 1996. Geochemical zonation and prospects for mineral resources in the Bosnek-Gorna Dikanya-Dren area, Radomir district (West Srednogie). - *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, 57, 3, 21-30.
- Marinova, I., O. Vitov. 1997. Geochemical evidence for the existence of collisional boundary in the Bosnek-Gorna Dikanya -Dren area. Western Srednogie (Western Bulgaria). - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 50, 2, 59-62.
- Marinova, I., O. Vitov. 1998. Geochemical prognoses in prospecting for gold based on secondary dispersion aureoles (on the example of Bosnek-Gorna Dikanya-Dren area, Radomir district). - *Geol. and min. res.*, 1, 16-21.
- Nenova, P. 1997. „Fe23”: A computer program for calculating the number of Fe<sup>2+</sup> and Fe<sup>3+</sup> ions in minerals. - *Computers & Geoscience*, 23, 215-219.
- Pecskay, Z., A. Harkovska, N. Zidarov, M. Popov, V. Panteva. 2001. K-Ar dating of the tertiary volcanic rocks from Ograzden and Maleshevska Mountains, South-Western Bulgaria. - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 54, 4, 71-76.
- Peytcheva, I. A. v. Quadt. 2004. The Palaeozoic protoliths of Central Srednogie, Bulgaria: records in zircons from basement rocks and Cretaceous magmatites. - In: *Proc. 5<sup>th</sup> Intern. Symp. on Eastern Mediterranean Geol.*, v. 3, April 14-20, Thessaloniki, Greece, 392-395.
- Peytcheva, I., A. v. Quadt, K. Kouzmanov, K. Bogdanov. 2003. Elshitsa and Vlaykov Vruh epithermal and porphyry Cu-(Au) deposits of Central Srednogie, Bulgaria: source and timing of magmatism and mineralisation. - In: *Eliopoulos et al. (eds), Mineral exploration and sustainable development*, Millpress, Rotterdam, 371-373.
- Peytcheva, I., A. v. Quadt, M. Frank, R. Nedialkov, B. Kamenov, C. Heinrich. 2004. Timing and magma evolution of upper cretaceous rocks in Medet Cu-porphyry deposit: isotopogeochemical and geochemical constraints. - In: *Proc. Ann. Sci. Conf., BGS, "Geology 2004"*, December 16-17, Sofia, 57-59.
- Peytcheva, I., A. v. Quadt, M. Ovtcharova, R. Handler, F. Neubauer, E. Salmikova, Yu. Kostitsyn, S. Sarov, K. Kolcheva. 2004. Metgranitoids from the eastern parts of the Central Rhodopean Dome (Bulgaria): U-Pb, Rb-Sr and 40Ar/39Ar timing of emplacement and exhumation and isotope-geochemical features. - *Mineralogy and Petrology*, vol. 82, 1-2, 1-31.
- Piperov, N., B. Zidarova. 1995. Fluid inclusions in synthetic fluorite crystals - checking of analytical procedures and thermal investigations. A priori stretched inclusions? - *N. Jb. Miner. Mh.*, 5, 224-240.
- Quadt, A. v., I. Peytcheva. 2004. Magmatic evolution of the Cretaceous rocks within the Panagyurishte district (Central Srednogie, Bulgaria) based on U-Pb and Hf-zircon, Nd and Sr whole rock data. - In: *Proc. Ann. Sci. Conf., BGS, "Geology 2004"*, December 16-17, Sofia, 60-62.
- Quadt, A. v., I. Peytcheva, B. Kamenov, L. Fanger, C. Heinrich, M. Frank. 2002. The Elatsite porphyry copper deposit in the Panagyurishte ore district, Srednogie zone, Bulgaria: U-Pb zircon geochronology and isotope-geochemical investigations of magmatism and ore genesis. - In: *Blundell, D. J., F. Neubauer, A. von Quadt (eds), The timing and location of major ore deposits in an evolving orogen.*, Geological Society, London, special publications, 204, 119-135.
- Quadt, A. v., I. Peytcheva, V. Cvetkovic. 2003. Geochronology, geochemistry and isotope tracing of the Cretaceous magmatism of East Serbia and Panagyurishte district (Bulgaria) as part of the Apuseni-Timok-Srednogie metallogenic belt in Eastern Europe. - In: *Eliopoulos et al. (eds), Mineral exploration and sustainable development*, Millpress, Rotterdam, 407-410.
- Quadt, A. v., I. Peytcheva, V. Cvetkovic, M. Banjesevic, D. Kozelj. 2002. Geochronology, geochemistry and isotope tracing of the Cretaceous magmatism of East Serbia as part of the Apuseni-Timok-Srednogie metallogenic belt. - *Geologica Carpathia*, v. 53 (special issue), 175-177.
- Quadt A. v., R. Moritz, I. Peytcheva, C. A. Heinrich. 2005. Geochronology and geodynamics of calc-alkaline magmatism and Cu-Au mineralization: the Panagyurishte region of the Apuseni-Banat-Timok-Srednogie belt (Bulgaria). - *Ore Geology Review*, spec. edition.

- Stoyanov, D. Applied aspects of diversity of ornamental stones in Losen's Mountains. - In: „*Mineral diversity*”, Sofia, (in Russian with English abstracts) (in press)
- Stoykov, S., I. Peytcheva, A. v. Quadt, R. Moritz, M. Frank, D. Fontignie. 2004a. Timing and magma evolution of the Chelopech volcanic complex (Bulgaria). - *SMPM (GEODE ABCD ISSUE)*
- Stoykov, S., I. Peytcheva, A. v. Quadt, R. Moritz, M. Frank, D. Fontignie. 2004b. Isotope constraints on the age and magma evolution of Chelopech volcanic complex (Bulgaria). - In: Proc Ann. Sci. Conf., BGS, „*Geology 2004*”, December 16-17, Sofia, 80-82.
- Tarasova, E., M. Tarassov. 2004. Accessory allanite and its petrogenetic significance for granitoids from Belassitsa Mountain, Serbo-Macedonian Massif. - In: Proc. 5<sup>th</sup> Intern. Symp. on Eastern Mediterranean Geol., v. 3, April 14-20, Thessaloniki, Greece, 1248-1251.
- Tarassova, E., N. Zidarov, N. Khaltakova. 2001. I-type granitoids from Belassitsa Mountain, SW Bulgaria. - *Ceochem., miner. and petrol.*, 38, 79-88.
- Titorenkova, R. 2004. Heterogeneity of zircon from high -grade metamorphic rocks, Ograzhden and Maleshevska Mountains, Serbo-Macedonian massif. - *Annual of the Sofia University „St. Kl. Ohridski”*, Department Geology and Geography, book 1 - Geology, 97, (in press)
- Titorenkova R., L. Macheva, N. Zidarov. 2002. Zircon typology of metagranites from Maleshevska and Ograzhden Mountains, SW Bulgaria. - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 55, 9, 61-66.
- Tsintsov, Z. 1999. Sulphides of the PGE in the alluvial sediments of Blagoevgrad graben. - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 52, 1-2, 57-60.
- Tsintsov, Z. 2000. Platinum-group minerals in sediments from Gotse Delchev graben, SW Bulgaria. - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 53, 2, 73-76.
- Tsintsov, Z. 2001. Genetically indicative features of Pt-Fe and Os-Ir-Ru alloy crystals from placers in SW Bulgaria. - *Geochem., miner. and petrol.*, 38, 35-44. (with Bulgarian abstract)
- Tsintsov, Z. 2003. Platinum-group minerals (PGM) from the alluvial sediments of Samokov region, West Bulgaria. - *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, 64, 1-3, 107-113. (with Bulgarian abstracts)
- Tsintsov, Z. 2004. Sperryllite from Vurbitsa River alluvial placers, SE Rhodopes. - In: Proc. Ann. Sci. Conf., BGS, „*Geology 2004*”, December 16-17, Sofia, 92-94.
- Tsintsov, Z., A. Kunov. 2000. Silver mineralizations in chrysolite serpentinites from Eastern Rhodopes, Bulgaria. - *N. Jb. Miner. Mh.*, 4, 165-174.
- Tsintsov, Z., B. Banushev. 2002. „Amethyst sun” – type agate structure from the region of Potochnitsa village, Krumovgrad district (Bulgaria). - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 55, 6, 67-72.
- Tsintsov, Z., B. Banushev, M. Sivilov. 2003. Characterization of the sulfide mineralization in metamorphosed serpentinites near Zhivkovo village, Central Sredna Gora, Bulgaria. - *Annual of the University of Mining and Geology „St. Iv. Rilski”*, 46, 1, 177-182.
- Tsintsov, Z., B. Banushev, R. Pazderov. 2001. Mineralogical characteristic of Paleogene coral agates from Eastern Rhodopes, Bulgaria. - *N. Jb. Miner. Mh.*, 10, 464-480.
- Tsintsov, Z., L. Grozdanov. 1996. Silicate Inclusions in Platinum-Group minerals isolated from sediments of the Blagoevgrad graben, SW Bulgaria. - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 49, 2, 49-52.
- Tzvetanova, Y. 1995. Corkite from Brussevtzi deposit, Eastern Rhodope massif, Bulgaria. - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 48, 5, 47-50.
- Tzvetanova, Y. 2002. Garnet-pyroxene skarns from Zvezdel pluton (East Rhodopes, Bulgaria). - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 55, 5, 51-56.
- Tzvetanova, Y. 2003. Lead phosphate minerals from Brussevtzi deposit (Eastern Rhodopes, Bulgaria) – SEM, IR and DTA study. - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 56, 5, 55-58.
- Vassileva, M., Z. Damyanov, V. Atanassov. 2002. Dolomite-group ferroan carbonates from Kremikovtsi deposit. - *Annual of the University of Mining and Geology „St. Iv. Rilski”*, 45, part I - geology, 77-82. (Bulgarian abstract)
- Vassileva, M., S. Dobrev, Z. Damyanov. 2003. Comparative characteristics of endogenic kutnahorite from Ribnitsa deposit and exogenic kutnahorite from Kremikovtsi deposit. - *Annual of the University of Mining and Geology „St. Iv. Rilski”*, 46, part I - geology and geophysics, 195-200.
- Vitov, O., I. Marinova. 2001. Periodicity of gold concentrations from secondary dispersion aureoles in the Western Srednogie. - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 54, 5, 53-58.
- Vitov, O., I. Marinova. 2004. Sensitivity assessment of different grids for soil geochemical surveys using Monte-Carlo simulations. - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 57, 6, 89-94.
- Vitov, O., L. Konstantinov. 2001. Method for determining the cleavability of fluorite. - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 54, 3, 55-58.
- Zidarov, N., I. Peytcheva, A. v. Quadt, E. Tarassova, V. Andreichev. 2004. Timing and magma sources of Igralishte pluton (SW Bulgaria): Preliminary isotope-geochronological and geochemical data. - In: Proc. Ann. Sci. Conf., BGS, „*Geology 2004*”, December 16-17, Sofia, 116-117.
- Zidarov, N., I. Peytcheva, A. v. Quadt, V. Andreichev, L. Macheva, R. Titorenkova. 2003. Timing and magma sources of metagranites from the Serbo-Macedonian Massif (Ograzhden and Maleshevska mountains, SW Bulgaria): constraints from U-Pb and Hf-zircon and Sr whole rock isotopes studies. - In: Proc. Ann. Sci. Conf., BGS, „*Geology 2003*”, December 11-12, Sofia, 89-91.
- Zidarov, N., P. Nenova. 1995. Basic and ultrabasic rocks and related eclogites from the Serbo-Macedonian massif (SW Bulgaria). - In: Proc of the *XV Congress of KGBA*, Athens, Greece, N 4/2, 619-626.
- Zidarov, N., P. Nenova, V. Dimov. 1995. Coesite in kyanite eclogite of Ograzden Mts, SW Bulgaria. - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 48, 11-12, 59-62.
- Zidarov, N., V. Andreichev, E. Tarassova, R. Titorenkova. Skrut granodiorite-manifestation of Jurassic magmatism in Belassitsa Mt, SW Bulgaria. - *Geologica Balcanica*, (in press)
- Zidarov, B. P. 1995. The distribution of La and Tb in hydrothermal fluorite from the Slavyanka deposit as an indication for the processes of rearrangement and redeposition. - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 48, 3, 37-40.
- Zidarova B. 2003. Rare earth elements in natural fluorite as indicators of the mineral-forming environment. - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 56, 11, 19-26.
- Zidarova, B., N. Zidarov. 1995a. Mechanism of fluorite formation in hydrothermal paleokarst of the Mikhalkovo deposit. - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 48, 3, 41-43.
- Zidarova, B., N. Zidarov. 1995b. Basic elements of the geogenetic model of Fluorite formation: I. The Slavyanka deposit. - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 48, 8, 33-36.
- Zidarova, B., N. Zidarov. 1995c. Basic elements of the geogenetic model of Fluorite formation: II. The Mikhalkovo deposit. - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 48, 9-10, 87-90.
- Zidarova, B. P., N. G. Zidarov. 1995d. Processes of fluorite formation in the Slavyanka deposit, SW Bulgaria. - In: *Proc. of the XV Congress of KGBA*, Athens, Greece, N 4/2, 869-872.
- Zidarova, B., N. Zidarov. 2000. Basic elements of the geogenetic model of fluorit formation: III. The Chiprovci deposit. - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 53, 5, 63-66.
- Zidarov, N., B. Zidarova. The collection „Fluorite mineralization in the Slavyanka deposit, SW Bulgaria”, of the Central Laboratory of Mineralogy and Crystallography, BAS – an example for *ex situ* preservation of the mineral diversity. - In: „*Mineral diversity*”, Sofia, (in English with Russian abstracts) (in press)
- Zidarova, B., M. Marinov, N. Zidarov. 2002. Mathematical model for the growth of fluorite aggregates in caverns in Slavyanka deposit. - *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 55, 3, 59-64.
- Zimmerman, A., H. Stein, R. Markey, L. Fanger, C. Heinrich, A.v. Quadt, I. Peytcheva. 2003. Re-Os ages for the Elatsite Cu-Au deposit, Srednogie zone, Bulgaria. - In: Eliopoulos *et al.* (eds), *Mineral exploration and sustainable development*, Millpress, Rotterdam, 1253-1256.