

## МЕЗОСТРУКТУРИ – ИНДИКАТОРИ ЗА СИНТЕКТОНСКА МИГМАТИЗАЦИЯ: ПРИМЕРИ ОТ РОДОПСКИЯ МАСИВ

Янко Герджиков

Софийски университет “Св. Климент Охридски”, София 1504  
E-mail: janko@gea.uni-sofia.bg

### РЕЗЮМЕ

Терциерната мигматизация в централните части на родопския масив е протекла в активна динамична обстановка, запечатана от голям брой мезоструктури. Това са структури свързани с формирането и миграцията на топилките, а също така сложни структурни асоциации, резултат от преплитащите се във времето процеси на мигматизация и пластична деформация.

Често структурните рисунки в мигматизираните терени са много сложни и традиционно се интерпретират като индикатори за полиметаморфен и полидеформационен характер на метаморфните комплекси (Zagorchev, 1976). От друга страна мезоструктурите в мигматитите са много информативни и могат да се използват за установяване на реологията на средата по време на формирането им, а също позволяват да се направят изводи за отношенията между процесите на пластична деформация и магмено внедряване.

В Централните Родопи мигматитите са широко представени в най-дълбоките нива на метаморфния комплекс - Прародопска супергрупа, долни нива на Родопската супергрупа (Kozhoukharov, 1983) или Ардинска тектонска единица (Иванов, 1989, Burg et al., 1990). Специализирани структурни изследвания в мигматизираните скали на Ардинската единица са правени от Димов и колектив по долините на Въча (Чернева и кол., 1995) и Чепеларска (Димов и кол., 1996). В настоящата работа са представени резултати от структурни изследвания в централните части на Ардинската единица, интерпретирани от Иванов (1999) като формиращи ядрото на ексхумирания през терциера Централнородопски купол. В последните години се натрупаха изобилни данни (Arkadaskiy et al., 2000; Peytcheva et al., 2000; Ovtcharova et al., 2002), които потвърждават получените от Арнаудов и кол. (Arnaudov et al., 1990a, 1990b) терциерни възрасти за мигматизацията в Ардинската единица.

Според степента на миграция на топилките, мигматитите могат да се обособят в две големи групи – формиращи на място (in situ) и алохтонни. Материалът, изграждащ левкократните мигматични образувания (аплитоиден, легматитов и гранитоиден) в изложението се нарича левкосома.

В мигматитите от Ардинската единица бяха наблюдавани голям брой оформени от левкосомни структури, които ясно маркират, че мигматизацията е протекла в активна

тектонска обстановка. Тези структури според характера си може да се поделат на две групи – структури, чиято позиция и геометрия са структурно предопределени, и структури, резултат от налагане във времето на процесите на мигматизация и пластична деформация.

### МЕЗОСТРУКТУРИ, ОТРАЗЯВАЩИ ТЕКТОНСКИ КОНТРОЛ ВЪРХУ ФОРМИРАНЕТО И МИГРАЦИЯТА НА ЛЕВКОСОМИТЕ

Голям брой мезоструктури в мигматитовите терени индикират, че формирането и миграцията на топилката е контролирано от пластичните деформации. Позицията и геометричните особености на левкосомите в тези случаи са в пряка зависимост от (1) ориентировката на фолиацията и линейността в мигматизираните разрези; (2) от характера на деформацията (чисто или просто срязване); и (3) от направлението на обемните срязвания (в случая на просто срязване). Тези структури са едни от най-сигурните индикатори за синтектонската природа на мигматитите. Най-често са оформят от левкосомен материал формиран на място.

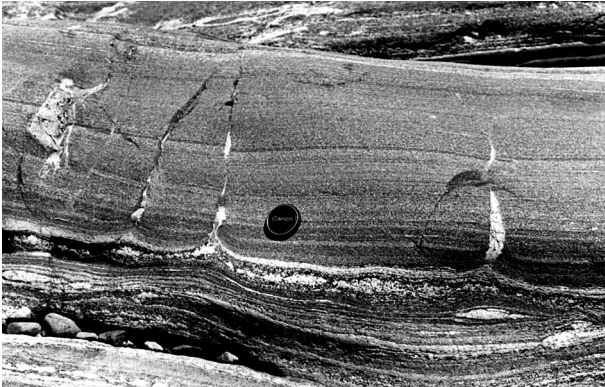
- Левкосома, запълваща зони на срязване. Това са структури характерни за зони на срязване, наблюдавани в мащабите на разкритие. Често наблюдавани са в долината на р. Въча, където асоцират с гънкови структури, описани от Иванов и кол. (1985) като късни мигматични гънки ( $F_2^{IV}$ ).

- Левкосома, запълваща шийките на будинажни структури.

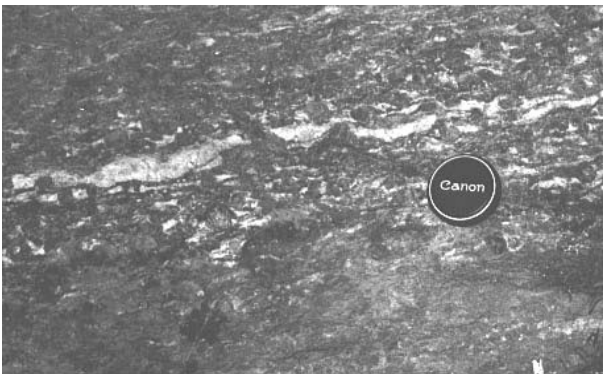
- Левкосома, изграждаща сенките на натиск (деформационни сенки) около твърди включения – будини, порфиروبласти, порфирокласти и др.

- Левкосома, запълваща пукнатини на опън. Пукнатините на опън са ориентирани перпендикулярно на минералната линейност или линейността на разтягане. Характерни са за зони на срязване, където скоростите на деформация са по-високи.

- Формиране на синмигматично разслояване (Vanderhaeghe, 2001). Този тип плоскостна структура в мигматизираните терени се оформя от стабилната алтернация на левкосома и мезосома, с дебелини от см до метри. Възникването и се разглежда като резултат от комбинираното действие на няколко типа процеси: (1) метаморфна сегрегация; (2) внедряване на жилен материал; (3) деформационна преработка (transposition) на по-ранни плоскостни структури. Този тип структури трябва да се използват внимателно, тъй като подобно разслояване може да се формира и в резултат на интензивни пластични деформации на мигматитите, които биха причинили ротиране на левкосомите до паралелизъм с фолиацията.



Фигура 1. Будинаж на фолиацията. Шийките на още неоформените будини са запълнени от генерирани на място левкосоми. Долината на Давидковска Арда



Фигура 2. Концентриране на левкосома в защитените участъци около гранатови порфиробласти. Източно от гр. Чепеларе.

#### МЕЗОСТРУКТУРИ – ИНДИКАТОРИ ЗА НАЛАГАНЕ ВЪВ ВРЕМЕТО НА ПРОЦЕСИТЕ НА МИГМАТИЗАЦИЯ И ПЛАСТИЧНА ДЕФОРМАЦИЯ

Това са често трудни за интерпретиране структури и структурни асоциации. Най-простите от тях се основават на характера и ориентировката на проникващите плоскостни и линейни структури в левкосомите:

- Коси на регионалната фолиация левкосоми, в които се наблюдава магматична фолиация паралелна на регионалната (сравни с Druguet & Hutton, 1998).

- Огъната в изоклинални гънки магматична фолиация в левкосоми, с гънкови оси паралелни на тренда на осите във вместващите мигматити. Важен критерий за използването на този индикатор е липсата на наложена интензивна пластична деформация, която да модифицира магматичните структури.

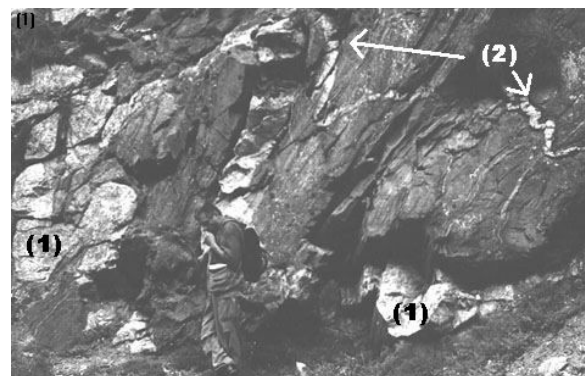
Друга група структури са свързани с отношенията на левкосомите с гънкови структурни форми:

- Левкосоми внедрени паралелно на осовите равнини на мезомасщабни гънкови структури. Тези структури може да се използват в редица случаи като валидни индикатори за синтектонска природа на левкосомите и дори са влезли в някои учебници (Gosh, 1994). Макар да потвърждават доминиращо синтектонската природа на този тип левкосоми, Vernon & Paterson (2001) подсещат за нуждата от по-сериозния анализ на разглежданата структурна асоциация.



Фигура 3. Аплитоидни жили внедрени паралелно на осовите равнини на мезомасщабни гънки. Западно от гр. Златоград

- Коаксиално огъване на секущ спрямо регионалната фолиация левкосомен материал. Това са случаи когато секущи на фолиацията левкосоми са огънати от гънки с оси паралелни на тези във вместващите метаморфити, но гънките по левкосомите са по-отворени. Тези случаи се тълкуват като резултат от прогресивна деформация с внедряване на левкосомите в етапа на формиране на дадената гънкова генерация. Подобни примери са наблюдавани по долината на р. Вьча.



Фигура 4. Аплит-пегматитови жили внедрени синхронно на формирането на гънкови структури. Жилата (2) е внедрена по-късно и оформя гънки с по-голям междубедрен ъгъл. Източно от с. Фотиново

Най-сложните структурни рисунъци в мигматизираните терени също са индикативни за отношенията деформация – мигматизация. Взаимно секущите отношения между структури (зони на срязване, гънки) и левкосоми се тъкуват от редица автори като индикация за присъствието на топлика синхронно на пластичните деформации (Hollister & Crawford, 1986; Davidson et al., 1992; Davidson et al., 1994; Vanderhaeghe, 2001). Разчитането на тези сложни структурни рисунъци е немислимо без прецизни петроложки и геохимични изследвания (прим. Чернева и кол., 1995), а също и без изотопни датировки.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведените структурни изследвания в Централните Родопи, установиха редица факти, позволяващи мигматизацията да се разглежда като протекла синхронно на интензивни пластични деформации в метаморфния комплекс. Сложните структурни рисунки в мигматите са характерни само за отделни нива от разреза на кристалина и може да се тъкуват като резултат от налагащите се във времето процеси на пластична деформация и мигматизация. От друга страна присъствието на аплитоидни и пегматитови жили с ясно посттектонски характер (Костов, 1954; Димов и кол., 1996) указва, че внедряването на финалните продукти на мигматизацията е последвало края на обемните пластични деформации.

### ЛИТЕРАТУРА

- Димов, Д., Чернева, З., Георгиев, Й., Аркадакски, С. 1996. Структурно положение на мигматичните образувания в метабазитите от пластичната зона на срязване в долината на р. Чепеларска, северно от гр. Чепеларе. – *Спис. Бълг. геол. д-во.*, 57, 1, 47-52.
- Иванов, Ж. 1989. Строение и тектоническая еволюция центральных частей Родопского массива. Строение и геодинамическая еволюция внутренних зон Балканид – Краишциди и Родопская область. – Путевод. экскурсион Е-3, XIV конгрес КБГА, С., 53-118.
- Иванов, Ж. 1999. *Тектоника на България* (под печат).
- Костов, И. 1954. Андалузит от пегматити в Ардинско, Централните Родопи. – *Год. СУ, Биол.-геол.-геогр. фак.*, 47, 2, 1-22.
- Чернева, З., Димов, Д., Станчева, Е., Даиева, Л. 1995. Субсолидусни и анатектични жили в мигматизирани гнайси от долината на р. Вьча в Централните Родопи. – *Спис. Бълг. геол. д-во.*, 56, 3, 91-109.
- Arkadaskiy, S., C. Böhm, L. Heaman, Z. Cherneva, E. Stancheva. 2000. New U-Pb results from the Central Rhodope Mts., Bulgaria. – In: *Geodynamics and ore deposits evolution of the Alpine-Carpathian-Dinaride*

- Province*. ABCD-GEODE Workshop, Borovets, Bulgaria, Abstracts, 3.
- Arnaudov, V., B. Amov, Z. Cherneva, R. Arnaudova, M. Pavlova, E. Bartnitsky. 1990a. Petrological-geochemical and lead-isotope evidence of Alpine metamorphism in the Rhodope crystalline complex. – *Geol. Balcanica*, 20, 5, 29-44.
- Arnaudov, V., B. Amov, Ts. Baldjieva, M. Pavlova. 1990b. Tertiary migmatitic pegmatites in the Central Rhodope crystalline complex. Uranium-lead zircon dating. – *Geologica Balc.*, 20, 6, 25-32.
- Burg, J. P., Ivanov, Z., Ricou, L. E., Dimov, D., Klain, L. 1990. Implication of shear sense criteria for the tectonic evolution of the Central Rhodope Massif, Southern Bulgaria. *Geology*, 18, 451-454.
- Davidson, C., Hollister, L. S., Schmid, S. M. 1992. Role of melt in the formation of a deep-crustal compressive shear zone: the Maclaren glacier metamorphic belt, south central Alaska. – *Tectonics*, 11, 348-359.
- Davidson, C., Schmid, S. M., Hollister, L. S. 1994. Role of melt during deformation in the deep crust. – *Terra Nova*, 6, 116-133.
- Druguët, E., Hutton, D. H. W. 1998. Syntectonic anatexis and magmatism in a mid-crustal tranpressional shear zone: an example from the Hercynian rocks of the eastern Pyrenees. – *J. Struct. Geology*, 20, 7, 905-916.
- Ghosh, S. K. 1993. *Structural Geology*. Pergamon Press, Oxford. 598 p.
- Hollister, L., Crawford, M. 1986. Melt-enhanced deformation: a major tectonic process. – *Geology*, 14, 558-561.
- Kozhoukharov, D. 1983. Precambrian in the Rhodope massif – 1. Introduction; 2. Lithostratigraphy. – In: Zoubak, V., Cogne, J., Kozhoukharov, D., Krautener, H. (Eds.). *Precambrian in Younger Fold Belts*. John Wiley & Sons, Chichester, 721-745.
- Ovtcharova, M., Z. Cherneva, A. von Quadt, I. Peytcheva. 2002. Migmatitic geochronology and geochemistry – a key to understanding the exhumation of the Madan dome (Bulgaria). – *Goldschmidt Conference Abstracts 2002*, A537.
- Peytcheva, I., E. Salnikova, Y. Kostitsin, M. Ovtcharova, S. Sarov. 2000. Metagranites from the Madan-Davidkovo dome, Central Rhodopes: U-Pb and Rb-Sr protholite and metamorphism dating. – In: *Geodynamics and ore deposits evolution of the Alpine-Carpathian-Dinaride Province*. ABCD-GEODE Workshop, Borovets, Bulgaria, Abstracts, 66.
- Vanderhaeghe, O. 2001. Melt segregation, pervasive melt migration and magma mobility in the continental crust: the structural record from pores to orogens. – *Phys. Chem. Earth*, 26, 213-223.
- Vernon, R. H., Paterson, S. R. 2001. Axial-surface leucosomes in anatexitic migmatites. – *Tectonophysics*, 335, 181-192.
- Zagorchev, I. 1976. Tectonic, metamorphic and magmatic markers in the polycyclic ultrametamorphic Ograzdenian complex. – *Geol. Balcanica*, 6, 2, 17-34.

## MESOSCALE INDICATORS FOR SYNKINEMATIC MIGMATISATION: EXAMPLES FROM THE RHODOPE MASSIF

Ianko Gerdjikov

Sofia University, Department of Geology and Paleontology, 15 Tsar Osvoboditel Blvd., 1504 Sofia

E-mail: janko@gea.uni-sofia.bg

### ABSTRACT

A large number of mesoscale structures testify about the synkinematic nature of the migmatisation in the central parts of the rhodope massif. Most of them are structures linked with the formation and the migration of the melts. Often in the domains of great structural complexity, relations between folds, shear zones and migmatites provide a good evidence for the penecontemporaneity of ductile deformation and migmatisation.

Structural patterns in the migmatitic complexes are often rather complex and traditionally have been regarded as indicators for polymetamorphic and polideformational nature. On the other hand, mesoscale structures in migmatites have a number of implications, such as (1) mechanical conditions of apliteoid-pegmatoid dyke emplacement; (2) synkinematic intrusive history.

In the central Rhodopes the migmatitic rocks crop out in the lowermost parts of the metamorphic complex – Prarhodopian supergroup and lower levels of Rhodopian supergroup (Kozhoukharov, 1983) or Arda tectonic unit (Ivanov, 1989, Burg et al., 1990). Detailed structural investigation in these areas have been conducted by Dimov and collaborators - along the Vacha river valley (Cherneva et al., 1995) and along the Chepelarska river valley (Dimov et al., 1996). This paper is mainly based on field work carried out in the central parts of the Arda unit. According to Ivanov (1999) and Ivanov et al. (2000) these high-grade rocks represent the core of the Central Rhodopian dome exhumed during the Tertiary. In recent years a wealth of new data (Arkadaskiy et al., 2000; Peytcheva et al., 2000; Ovtcharova et al., 2002) confirmed Tertiary age of migmatisation in the Arda unit (Arnaudov et al., 1990).

According to the scale of the melt migration two main types of migmatites could be distinguished – in situ melts and allothonous. A great number of observations prove the allothonous nature of some of the migmatites. (1) Sharp, intrusive contacts are a clear evidence for magmatic veining. (2) In a number of places magmatic breccias are clear indicator of magmatic behavior of granitoid material. High fluid pressures of the magma are required to explain such veining in the light of high confining pressures that prevailed during amphibolite facies shear event. In most places aplite-pegmatitic magma is inferred to have been injected as an overpressured, anatectically derived fluid generated from greater depths.

For simplicity various migmatitic rocks (aplitic, pegmatitic, granitic) are described as leucosome. The mesoscale indicators for synkinematic migmatisation could be divided in two main groups: (1) Mesoscale structures reflecting tectonic control on the formation and migration of the leucosomes; and

(2) Mesoscale structures indicating overlapping in time of the processes of migmatisation and ductile deformation.

### MESOSCALE STRUCTURES REFLECTING TECTONIC CONTROL ON THE FORMATION AND MIGRATION OF THE LEUCOSOMES

One of the strongest evidence of syntectonic migmatisation is the indication that the melt formation and migration is controlled by regional deformation and a great number of structures demonstrate this interaction. In these cases the position and the geometrical particularities of the leucosomes are dependent on: (1) foliation and lineation orientation; (2) the degree of noncoaxiality of the deformation; (3) sense of shear (in case of noncoaxial deformation). These structures are one of the unambiguous indicators for synkinematic migmatisation. Most often, they are formed by leucosomes generated in situ.

- Melt filled shear zones. Such structures are widespread in the Vacha river valley. They are linked with asymmetric folds described by Ivanov et al. (1985) as late migmatitic folds.

- Melt filled boudin necks.

- Melt filled pressure shadows (strain shadows) around stiff objects – boudins, porphyroclasts, porphyroblasts, etc.

- Melt filled tension gashes. They are typical for the shear zones with higher strain rates.

- The development of a synmigmatic layering (Vanderhaeghe, 2001). This type of structure is underlined by regular alternations of continuous centimeter- to meter-thick granitic and mesosome layers. Several processes are supposed to lead to the formation of this structure: (1) metamorphic segregation; (2) intrusion of veins; and (3) transposition during deformation of the partially molten rock. The synmigmatic layering must be used carefully as indicator for synkinematic migmatisation, because similar banding could be generated via intense ductile deformation and rotation of the older leucosomes.

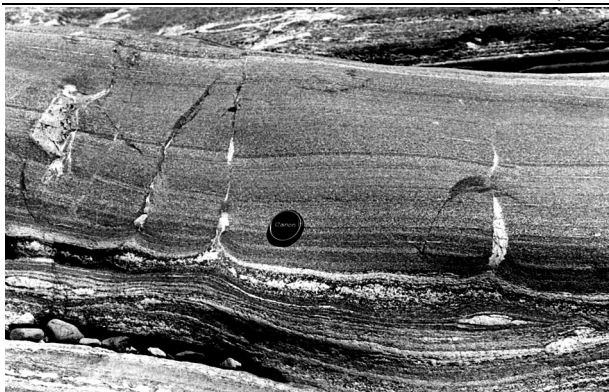


Figure 1. Example of foliation boudinage. The boudin necks are filled with generated in situ melt. The valley of Davidkovska Arda

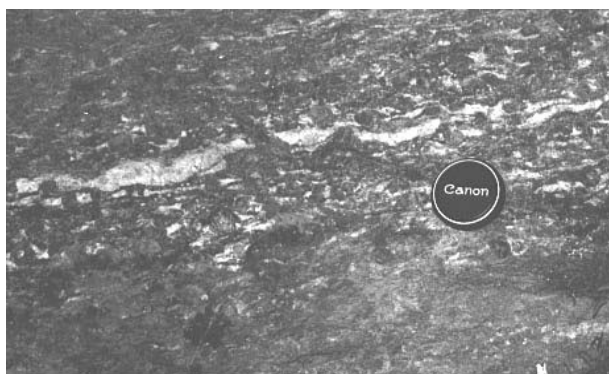


Figure 2. Localisation of leucosome in the sheltered domains around garnet porphyroblasts. East from the town of Chepelare.

#### MESOSCALE STRUCTURES INDICATING OVERLAPPING IN TIME OF THE PROCESSES OF MIGMATISATION AND DUCTILE DEFORMATION

The simplest types from this structure group are based on the type and orientation of penetrative planar and linear fabric in the leucosomes:

- Magmatic internal fabric in a cross-cutting leucosomes, parallel to the external foliation (Druguet & Hutton, 1998).
- Isoclinally folded magmatic foliation in the leucosomes with axes parallel to the regionally consistent trend of the folds in the host rocks.
- Other types of structures are based on relations between leucosomes and folds:
  - Axial-surface leucosomes. This is a rather common association, often interpreted as result of melt emplacement synchronous to the folding (Gosh, 1994). But as Vernon and Paterson (2001) showed, this type of structure must be used more carefully.
  - The folds of the leucosomes are coaxial with those in the country rocks but more open. These examples could be regarded as a result of leucosome emplacement during the development of the folds.

Even the most complex structural patterns in migmatitic terrains could give a lot of information about relations deformation-migmatization. Mutual cross-cutting relationships between structures (shear zones, folds) and leucosomes

#### REFERENCES

indicate that deformation occurred in presence of a melt phase (Hollister & Crawford, 1986; Davidson et al., 1992; Davidson et al., 1994; Vanderhaeghe, 2001). The deciphering of such complex structures is only possible with integration of precise petrological and geochemical investigations (eg. Cherneva et al., 1995) as well as isotopic age determinations.



Figure 3. Leucosomes in the axial surfaces of mesoscale folds in a biotite gneiss. West from the town of Zlatograd.

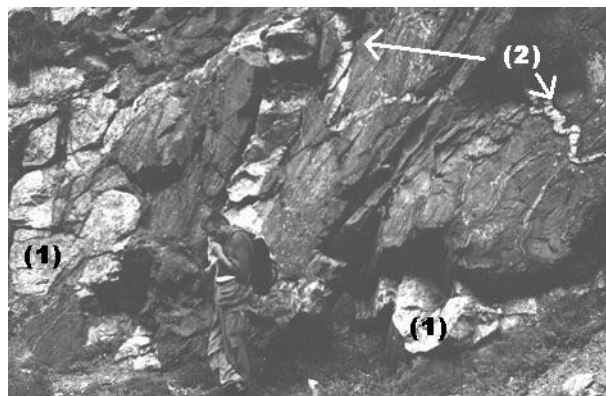


Figure 4. Weakly transgressive aplitic and pegmatitic veins emplaced synchronously to the folding. Later vein (2) is forming more open folds.

#### CONCLUSION

The structural analyses of the migmatites in a part of the Central Rhodopes indicate clearly the synkinematic nature of the migmatization. Very often the structural patterns in the migmatites are rather complex and sometimes are interpreted as an indicator for polydeformational and polymetamorphic reworking of the crystalline basement (Zagorchev, 1976). But in fact they are a result of overlapped in time processes of ductile deformation and migration of melt. On the other hand, the existence of obviously postkinematic aplitic and pegmatitic veins (Костов, 1954; Dimov et al., 1996) is an indication that the magmatic activity, linked with migmatization, outlasted ductile deformation.

Костов, И. 1954. Андалузит от пегматити в Ардинско, Централните Родопи. Год. СУ, Биол.-геол.-геогр. Фак., 47, 2, 1-22.

- Arkadaskiy, S., C. Böhm, L. Heaman, Z. Cherneva, E. Stancheva. 2000. New U-Pb results from the Central Rhodope Mts., Bulgaria. - In: *Geodynamics and ore deposits evolution of the Alpine-Carpathian-Dinaride Province*. ABCD-GEODE Workshop, Borovets, Bulgaria, Abstracts, 3.
- Arnaudov, V., B. Amov, Z. Cherneva, R. Arnaudova, M. Pavlova, E. Bartnitsky. 1990 a. Petrological-geochemical and lead-isotope evidence of Alpine metamorphism in the Rhodope crystalline complex. - *Geol. Balcanica*, **20**, 5, 29-44.
- Arnaudov, V., B. Amov, Ts. Baldjieva, M. Pavlova. 1990 b. Tertiary migmatitic pegmatites in the Central Rhodope crystalline complex. Uranium - lead zircon dating. - *Geologica Balc.*, **20**, 6, 25-32.
- Burg, J. P., Ivanov, Z., Ricou, L. E., Dimov, D., Klain, L. 1990. Implication of shear sense criteria for the tectonic evolution of the Central Rhodope Massif, Southern Bulgaria. *Geology*, **18**, 451-454.
- Cherneva, Z., Dimov, D., Stancheva, E., Daieva, L. 1995. Subsolidus and anatectic veins in migmatitic gneisses from the Vacha river valley, Central Rhodopes. *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, **56**, 3, 91-109.
- Davidson, C., Hollister, L. S., Schmid, S. M. 1992. Role of melt in the formation of a deep-crustal compressive shear zone: the Maclaren glacier metamorphic belt, south central Alaska. *Tectonics*, **11**, 348-359.
- Davidson, C., Schmid, S. M., Hollister, L. S. 1994. Role of melt during deformation in the deep crust. *Terra nova*, **6**, 116-133.
- Dimov, D., Cherneva, Z., Georgiev, J., Arkadaski, S. 1996. Structural position of the migmatitic formations and metabasites within the ductile shear zone in the Chepelarska river valley, north of Chepelare. *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, **57**, 1, 47-52.
- Druguet, E. & Hutton, D.H.W. 1998. Syntectonic anatexis and magmatism in a mid-crustal tranpressional shear zone: an example from the Hercynian rocks of the eastern Pyrenees. *Journal of Structural Geology*, **20**, 7, 905-916.
- Ghosh, S. K. 1993. Structural geology. Pergamon press, Oxford. 598pp.
- Hollister, L. & Crawford, M. 1986. Melt-enhanced deformation: a major tectonic process. *Geology*, **14**, 558-561.
- Ivanov, Z. 1989. Structure and tectonic evolution of the central parts of the Rhodope massif. in: Guide to excursion E-3, CBGA-XIV congress, S., Bulg., 126p.
- Ivanov, Z. 1999. Tectonics of Bulgaria. (in press).
- Kozhoukharov, D. 1983. Precambrian in the Rhodope massif – 1. Introduction; 2. Lithostratigraphy. – In: Zoubak, V., Cogne, J., Kozhoukharov, D., Krautener, H. (ed.), Precambrian in younger fold belts. John Wiley & Sons, Chichester, 721-745.
- Ovtcharova, M., Z. Cherneva, A. von Quadt, I. Peytcheva. 2002. Migmatitic geochronology and geochemistry – a key to understanding the exhumation of the Madan dome (Bulgaria). – *Goldschmidt Conference Abstracts 2002*, A537.
- Peytcheva, I., E. Salnikova, Y. Kostitsin, M. Ovtcharova, S. Sarov. 2000. Metagranites from the Madan-Davidkovo dome, Central Rhodopes: U-Pb and Rb-Sr protholite and metamorphism dating. - In: *Geodynamics and ore deposits evolution of the Alpine-Carpathian-Dinaride Province*. ABCD-GEODE Workshop, Borovets, Bulgaria, Abstracts, 66.
- Vanderhaeghe, O. 2001. Melt segregation, pervasive melt migration and magma mobility in the continental crust: the structural record from pores to orogens. *Phys. Chem. Earth*, **26**, 213-223.
- Vernon, R.H. & Paterson, S. R. 2001. Axial-surface leucosomes in anatectic migmatites. *Tectonophysics* **335**, 181-192.
- Zagorcev, I. 1976. Tectonic, metamorphic and magmatic markers in the polycyclic ultrametamorphic Ograzdenian complex. - *Geol. Balcanica*, **6**, 2, 17-34.

Recommended for publication by Department  
of Geology and Paleontology, Faculty of Geology and Prospecting