



ZONES AND STAGES OF METAMORPHIC ACTIVATION IN THE RHODOPE MASSIF

Evgenia Kozhoukharova, Dimitar Kozhoukharov

Geological Institute, BAS, 1113 Sofia; e-mail: evgkozh@geology.bas.bg

Key words: garnet lherzolites, eclogitization of serpentinites, shear zones

The regional metamorphism in mobile belts displays differential and broken evolution.

The zones of active metamorphic transformations in the Rhodope Massif (RM) are principally from two types: shear zones of deformation and zones of increased permeability.

A. Shear zones of deformation and friction arise during tectonic movements in the crust: microzones of interlaminated friction, zones at the lithological contacts or thrust zones. According to experiments on tribological systems in the zones of friction there is a significant increase in temperature and pressure and there a new HP heterofacial mineralogical assemblage crystallizes. The background metamorphism of the rocks is medium pressure amphibolite facies.

An instructive example for “*in situ*” eclogitization are the Gr-lherzolite bands into a serpentinite body in the Avren syncline. Thin 1-2 cm parallel stripes, consisting of garnet, orthopyroxene, clinopyroxene, olivine, and spinel alternate with serpentine bands. The stripes gradually disappear towards the central parts of the body. The P-T conditions of crystallization in the zones are 800°C/8-15 kbars, while in the country rocks they are 480-540°C/4-6 kbars.

The arguments for metamorphic origin are: the lherzolite banded segregations are displayed only at the lithological contacts of the serpentinite bodies, entirely concordant with the general stratification and metamorphic schistosity of the country rocks, the eclogite mineral assemblage is a post-serpentinization one. Everywhere the eclogite minerals replace serpentine but themselves are not deformed and altered.

B. Zones of increased permeability. These are zones of migmatization and granitization, which arise under decompression conditions. Pegmatite-aplite fluids have penetrated through the zones, thus enriching the rocks with Si, Al, K, Na and provoking feldspathization in the rocks. Very often the feldspathi-

zed schists are similar to gneisses, which makes difficult the lithostratigraphical correlation.

Stages of metamorphic activation. Several periods of the RM basement can be divided:

First Precambrian cycle (C_1): formation of an infracrustal complex – Prarhodopian Supergroup (PRS), consisting of highly reworked metamorphic rocks and probably several stages of aplite-pegmatite or granite segregations.

Breaking period (B_1): erosion and weathering; transgression and obduction of ophiolitic oceanic crust fragments over PRS; basic volcanism and pelitic-calcareous sediments containing microfossils of Riphean (Neoproterozoic) age and covering Ophiolites.

Second Precambrian cycle (C_2): regional metamorphism generally into amphibolite facies and synchronous folding of the Rhodopian Supergroup (RS), consisting of amphibolites, mica schists, gneisses, marbles and quartzites; two main metamorphic episodes, marked by consecutive mineral assemblages, separated by deformation; eclogitization in local shear zones.

Cadomian migmatization and granitization.

Breaking period (B_2): block disintegration, Vendian-Cambrian diabase-phillitoid complex in greenschist facies covers discordantly the peripheral parts of RM.

Hercynian cycle (C_3): igneous activity; granitoid intrusion crossing the Precambrian fold and block structures; granitization and contact metamorphism.

Breaking period (B_3): erosion and transgression; Permo-Triassic conglomerates, containing fragments of metamorphites and granitoids.

Alpine cycle (C_4): Late Cretaceous collision granitoid magmatism, aplite-pegmatite veins, local contact and hydrothermal metamorphism; Paleogene volcanic and subvolcanic bodies, cutting the completely consolidated basement; dynamometamorphism; effects of reheating on radiogenic systems.

ЗОНИ И ЕТАПИ НА МЕТАМОРФНА АКТИВИЗАЦИЯ В РОДОПСКИЯ МАСИВ

Евгения Кожухаров, Димитър Кожухаров

Метаморфизмът в мобилните пояси се развива неравномерно и диференцирано, поради бързо изменящите се Р-Т условия на системата в пространството и времето. Тектонските процеси в земната кора създават динамични условия на минералната кристализацията, която протича с различна скорост и степен в отделни зони, а метаморфната еволюция има прекъснат характер.

Зони на активни метаморфни преобразувания в Родопския масив

Различават се два основни вида: А. Зони на срязване и триене и Б. Зони на повишена проникваемост.

А. Зони на срязване и триене. Възникват при компресионни условия, предизвикани от тектонски движения, като зони на срязване с различен мащаб: микрозони в интерламинарни пространства, междуформационни по литоложките граници на пластове с различни реоложки свойства, контактни зони на компактни тела от ортометаморфити, навлачни повърхнини и др. В зоните на триене, според експериментални изследвания на трибологични системи, се повишава няколкократно температурата и налягането и се появяват нови минерални фази.

Един характерен пример на възникване на високобарични минерализации в тънки зони на срязване представляват гранатовите лерцолити в силно нагънатата Авренската синклинала. Те се развиват като тънки 1-2 cm паралелни ивици, в периферните части на серпентинитово тяло, комформни на границите на тялото, общата напластеност и шистозността на вместващите скали. Изградени са от гранат ($\text{Pr}_{50-55}\text{Alm}_{27-29}\text{Grs}_{16-18}\text{Sps}_{1-2}$), ортопироксен (En_{80-82}), клинопироксен ($\text{En}_{46-47}\text{Wo}_{49-50}\text{Es}_4$), оливин ($\text{Fo}_{88}\text{Fa}_{12}$) и шпинел (Cr-плеонаст), които алтернират с непроменени серпентинитови ивици. Р-Т условията на кристализация в зоните варират в широки граници: 560-811°C / 8-15 kbar. Някои автори (Kolcheva et al., 1998) погрешно разглеждат подобни ивичестите серпентинити (оливинпироксенови зони) от същия район като реликти от магмени кумулати. Метаморфната природа на гранат-лерцолитовите ивици е аргументирана от тяхното развитие само в контактната зона на серпентинитовото тяло, докато във вътрешността му те изчезват, напълно конкордантно им

разположение към общата напластеност и шистозност на метаморфния комплекс, метаморфната минерална асоциация и структура на ивичите и най-същественният факт, че те заместват серпентина, а не обратното. Биотитови гнайси на контакта с ивичестия серпентинит, също са гранатизирани на разстояние от няколко метра.

В продължението на същата структура на гръцка територия в комплекса Кими, са установени високобарични минерали – микродиаманти (?) и псевдоморфози по коесит в метапелити (Mposkos, Kostopoulos, 2001), интерпретирани обаче като субдукционни ексхумирани продукти.

Аналогични са примерите за развитие на еклогитовите минерализации, които също се развиват като ивици сред амфиболитите, особено когато последните са в контакт с твърди гнайси, както е например във Верила планина.

Високобарични минерални асоциации от рутил, гранат и цоизит са установени в тесни милонитни зони на контакта между серпентинитови тела и вместващите скали, също в Авренската синклинала. В милонитната скала се образуват идиоморфни цоизит, гранат и рутил.

Високобаричните минерализации са синхронни и хетерофациални на минералните парагенези от вместващата скала. Докато при тях, определените чрез термобарометрични методи температури достигат над 800°C и налягания 8-15 kbar, фоновият метаморфизъм не превишава 580-590°C, каквата е максималната температурна устойчивост на серпентина.

Много от изследователите са скептични към идеята за образуване на високобаричните продукти в корови условия и често те се интерпретират като екзотични блокове, ексхумирани от субдукционни зони. В този случай обаче остават без логичен отговор въпросът за механизма на тяхното ексхумиране и подреждането им в определени литоложки разновидности с издържано стратиграфско положение, метаморфозирани в амфиболитови фации при умерени налягания. Описаните гранатови лерцолити в ивичести серпентинити е особено убедителен пример, че тяхното възникване е протекло в корови условия, в зони на срязване и триене.

Б. Зони на повишена проникваемост. Възникват при декомпресионни условия, свързани

с издигане на терена, в относително спокойна тектонска обстановка. По тези зони проникват флуиди, пегматитови и аплитови деривати на анатектични магми от по-дълбоки зони. Те насищат средата с алкалии, Al и Si, предизвикват допълнителна фелдшпатизация и окварцяване, създават мигматитови полета. Всички изследователи на метаморфитите в Родопския масив подчитават неравномерното развитие на мигматизацията по зони. Привнесените компоненти влизат в реакционни взаимоотношения със скалите, като видимо заместват базичните плагиоклази с по-кисели, амфибола с биотит, рутила с титанит и др. Често в мигматитовите полета шистите се набогатяват на фелдшпати и кварц и се “огнайсяват”, а амфиболитите се превръщат в амфибол-биотитови и биотитови гнайси. Поради това процесите на мигматизация и гранитизация понякога силно до неузнаваемост изменят ранно метаморфния облик на скалите (Западни Родопи, Рила, Огражден планина), което затруднява корелацията на литостратиграфските единици от различни райони. При подобни случаи твърде индикативни са реликти от кианит сред гнайси, което показва, че изследваните скали някога са били богати на алуминий шисти, допълнително фелдшпатизирани при гранитизационни процеси.

Към зоните на повишена проницаемост се отнасят също пукнатините, по които протича дехидратация на серпентинитите, с заместване на серпентина от талк, хлорит, тремолит и обикновен амфибол.

Етапи на метаморфна активизация

Метаморфната еволюция в Родопския масив има прекъснат характер. Няколко отделни периода в развитието му могат да се отделят (Kozhouchkharova, Kozhoukharov, 1998).

Първи прекамбрийски метаморфен цикъл (C_1) – образуване на инфракрустален метаморфен комплекс (Прародопска надгрупа), древна континентална кора, изградена от силно преработени гнайси с кварц-фелдшпатов състав, многократно насищани с дълбочинни флуиди и пегматит-аплитови деривати на анатектични магми, придобили висока степен на хомогенизация и гранитова геохимична характеристика; P-T условия на кристализация: 600-700°C/4-6 kbar; радиогеохронологички данни за възрастта - палеопротерозой -1800 Ma за порфиروبластичните гнайси от Източните Родопи (Peytcheva, Quadt, 1995).

Период на прекъсване (Π_1): ерозия и изветряне на скалите; трансгресия и обдукция на офиолитова океанска кора върху скалите на Прародопската надгрупа, базични вулканити и пелитово-карбонатни седименти, съдържащи микрофосили с неопротерозойска (рифейска) възраст покриват офиолитите, протолити на Родопската надгрупа.

Втори прекамбрийски метаморфен цикъл (C_2): регионален метаморфизъм и синметаморфно нагъване на двете надгрупи във вертикални, наклонени и лежащи гънки; състав на метаморфозираната Родопска надгрупа: амфиболити, слюдени шисти, гнайси, мрамори, калкошисти, кварцити, талк-хлорит-актинолитови шисти; всеобща метаморфна кристализация в динамични условия на компресия; фонов метаморфизъм T - 480-550°C и P - 4-6 kbar; две основни метаморфни събития, съответстващи на двете нагъвания, маркирани от две последователни минерални парагенези, разделени от деформация; еклогитизация в зони на срязване и триене, синхронна, хетерофациална спрямо фоновия метаморфизъм; радиогеохронологички данни за възрастта на метаморфизма: неопротерозой (610 Ma) по еклогити (Arkadakskiy et al., 2003), 572±5 Ma по амфиболити (Carrigan et al., 2003).

Кадомски магматизъм, гнайс-гранити - Лесовски тип, широко проявена мигматизация и гранитизация на метаморфитите от двете надгрупи.

Период на прекъсване (Π_2) - блокова дезинтеграция преди венда (едикаран); диабаз-филитоидният комплекс (570-650 Ma), метаморфозиран в зеленошистен фациес покрива дискордантно периферни части на Родопския масив.

Херцински цикъл (C_3): магматична активност (340-240 Ma), гранитоидни интрузии в Източните Родопи (Белоречко подуване), Рило-Западно-родопски блок и Средногорската зона, пресичащи прекамбрийските гънкови и блокови структури; гранитизация и мигматизация, ограничена в контактния ореол на гранитите, обилни аплит-пегматитови жили, контактен метаморфизъм на мрамори, огнайсяване на шисти, частична асимилация на амфиболити и ултрабазити; T – 550-650°C, P – 2-3 kbar; частична ремобилизация на гнайси от ниските нива на Прародопската надгрупа.

Период на прекъсване (Π_3): ерозия и трансгресия; пермтриаски конгломерати, съдържащи фрагменти от родопски метаморфити и гранити.

Алпийски цикъл (C_4): горнокреден (91-85 Ma) колизионен гранитов магматизъм; частична ремобилизация на прародопските гнайси в дълбо-

ките нива на кристалинния фундамент; аплит-пегматитови жили, пресичащи по-старата метаморфна шистозност; локални прекристализации в статични условия: алпийски тип жили, корунд-сапфиринови минерализации, скарнови прекристализации на амфиболи и гранати в отворени пукнатини и др.; палеогенски депресии и

локални навлаци по техните бордове и периферните части на Родопския масив; динамометаморфизъм в обхвата на навлачните и разривни зони; палеогенски (37-32 Ма) вулкански и субвулкански тела, пресичащи напълно консолидирания метаморфен фундамент; термично-тектонски въздействия върху радиогенните системи.

Литература

- Arkadaskiy, S. V., C. Bohm, L. Heaman, Z. Cherneva, E. Stancheva, M. Ovtcharova. 2003. Remnants of Neoproterozoic oceanic crust in the Central Rhodope metamorphic complex, Bulgaria. – In: *Isotope Geology and Geochronology. Abstracts*. Vancouver 2003.
- Carrigan, Ch., S. Mukasa, I. Haydoutov, K. Kolcheva. 2003. Ion microprobe U-Pb zircon ages of pre-Alpine rocks in the Balkan, Sredna Gora, and Rhodope terranes of Bulgaria: Constraints on Neoproterozoic and Variscan tectonic evolution. – *J. Czech Geol. Soc. Abstracts. International conference "Geology without frontiers: Magmatic and metamorphic evolution of Central European Variscides"*, 48 (1-2), 32-33.
- Kolcheva, K., I. Haydoutov, L. Daieva. 1998. Dismembered ultramafic ophiolites from the Avren Region, Eastern Rhodopes (Bulgaria). – In: *XVI Congress CBGA, Abstracts*. Vienna, p. 272.
- Kozhoukharova, E. 1996. Eclogitized layered serpentinites in the East Rhodope Block. – *C. R. Acad. bulg. Sci.*, 49, 6, 69-71.
- Kozhoukharova, E., D. Kozhoukharov. 1998. Precambrian and Phanerozoic development of the Rhodope Massif metamorphic basement. – In: *XVI Congress CBGA, Abstracts*. Vienna, p. 306.
- Mposkos, E. D., D. K. Kostopoulos. 2001. Diamond, former coesite and supersilicic garnet in metasedimentary rocks from the Greek Rhodope: a new ultrahigh-pressure metamorphic province established. – *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 192, 497-506.
- Peytcheva, I., A. V. Quadt. 1995. U-PB zircon dating of metagranites from Byala-reka region in the East Rhodopes, Bulgaria. – In: *XV Congress of the CBGA, Proceedings*. Athens 1995, 637-642.