



## Дискусия

### Някои съвременни проблеми на прекамбрийските комплекси в Южна България

*Евгения Кожухарова*

*Геологически институт, БАН, ул., „Акад. Г. Бончев“, бл. 24, 1113 София*

### Some actual problems of the Precambrian metamorphic complexes in South Bulgaria

*Evgenia Kozhouharova*

*Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, 1113 Sofia, Bulgaria  
E-mail: evgkoz@geology.bas.bg*

#### Въведение

Високометаморфните комплекси в Южна България продължават да бъдат обект на изследователски интерес. Всеобхватният проблем за кристалинния фундамент у нас би могъл да се формулира като „Произход и развитие на прекамбрийските метаморфни комплекси“, включващ основните въпроси: веществен състав, полиметаморфни изменения, строеж и възраст на скалните формации. Приоритетните изследователски теми по принцип се определят от необходимостта от повече познания в дадена област. Много често обаче изборът им зависи от модната атрактивност на нова научна хипотеза или настойчивост на група или лидер, при което интересът на научната общност се насочва едностранно, нарушавайки баланса в тематиката.

Целта на настоящите коментарни бележки е да се насочи погледа към някои проблеми, които въпреки своята актуалност не са получили полагащото им се изследователско внимание, както и към някои несъответствия между интерпретации и фактология.

Прекамбрийските високометаморфни скали в Южна България, съгласно съвременната тектонска подялба (Dabovski et al., 2002) се разкриват в Мораво-Родопската и Средногорската зона. В Мораво-Родопската зона те съставят единиците: Източно-Родопска, Рило-Родопска, Пирин-Пангеонска, Огражденска, Струмска и Морав-

ска. Първите три единици са известни в българската и чуждестранна геоложка литература с традиционното название Родопски масив, а Огражденската единица – част от Сръбско-Македонския масив. Същите метаморфни комплекси продължават на територията на съседните страни: по южните склонове на Родопите в Северна Гърция и в Сръбско-Македонския и Пелагонския масив в Македония и Сърбия.

Проблемите на високометаморфните скали в България, обхващащи тяхната подялба, разпространение и петрографски състав бяха набелязани още от първите им изследователи: Й. Цвийч, Г. Бончев, Стр. Димитров, Е. Бончев и др. През последните 60 години изследванията се насочваха към няколко основни проблеми: литостратиграфия, структура, петрология, минералогия и геохимия. Въпреки, че в първите десетилетия липсваше добра обвързаност между изследователите на структурата и тези на веществения състав на комплексите, днес се разполага със сравнително добра информационна база: геоложки карти в различен мащаб, обща схема на литостратиграфията, приложена в Геоложката карта на България в мащаб 1:100 000, познания за главните гънкови синметаморфни структури, петрографския и геохимичен състав на скалите, а също макар и недостатъчно – с фосилни и изотопни данни за възрастта на протолитите и метаморфизма.

Тази база от данни дава възможност да се премине към един нов етап на изследване и

към традиционните проблеми да се включат нови задачи, съответстващи на съвременните изисквания.

## Литостратиграфия и корелация на метаморфните комплекси

Литостратиграфията и литостратиграфското разчленяване са били винаги между най-главните въпроси в проблематиката на прекамбийските комплекси. Известно е, че всяка стратиграфска схема на кристалинен фундамент отразява съвременните суперпозиционни отношения между литоложките единици, установили се след синметаморфните гънкови и разривни деформации и консолидация на метаморфния комплекс, което я различава повече или по-малко от първичната стратиграфия. Следващата цел на изследванията по принцип е дешифриране на деформациите, нарушаващи нормалната последователност на пластореда и постепенно възстановяване на първичните стратиграфски взаимоотношения, което изисква време и подходяща изследователска методика.

Литостратиграфията на метаморфните комплекси в Южна България се допълва непрекъснато с нови данни. На много места в последните години, чрез детайлни структурни картировки на отделни участъци и литоложки анализ се доказва съществуването на полегнали гънки в Западните Родопи (Кожухарова, 1987), Централните Родопи (Приставова, Кожухарова, 1999) и Източните Родопи (Kozhoukharova, 1999), причиняващи повторение в пластореда, което внася локални уточнения и корекции в стратиграфската колонка. Независимо от това, основното поделение на кристалина в Южна България на два разновъзрастни комплекса – вероятно Архай/Палеопротерозой и Протерозой, предложено от Вергилов и др. (1963), по-късно обозначени като Прародопска и Родопска надгрупа (Кожухаров, 1984), отразено в Геоложка карта на България в мащаб 1:100 000, остава валидно и до днес. Отделни публикувани литостратиграфски схеми за подялба на кристалина в Родопския масив (Иванов и др. 1979, 1980, 1984; Ivanov, 1965) по-късно не бяха поддържани и доразвивани от своите автори.

Степента на изученост на метаморфните комплекси на днешния етап позволява да се издигне като приоритетна задача провеждането на осъвременена и по-добре аргументирана *корелация* между разделените блокове от метаморфни скали от Мораво-Родопската и Средногорската зона. Впоследствие подобен сравнителен анализ следва да се приложи към метаморфитите от Родопския масив и Северна Гърция, Родопския масив и Пелагонския масив от Македония и Родопския масив и планината Апусени в Румъния. След разпадането на големите континентални плочи всеки изолиран блок е имал

относително самостоятелна метаморфна и деформационна еволюция. Това налага при литоложкия анализ да се прилага метода на възможно максимално приближаване към първичния състав (с латералните му изменения) чрез „отнемане“ на по-късно наложените веществени (фелдшпатизация, контактен метаморфизъм, диафтореза и др.) изменения. Особено внимание изисква също дешифрирането на мезогънквите деформации, често предизвикващи повтаряемост на литоложките единици в стратиграфския профил.

Очевидно е, че една достатъчно достоверна корелация може да се постигне чрез последователно прилагане на литоложки анализ, при същевременно отчитане на еволюцията на метаморфните прояви. Ето защо предлагането на „литотектонско“ разчленяване на метаморфните комплекси (Саров и др., 2004), при което за основен критерий се приема съвкупност от белези, отразяващи съвременното тектонско и веществено състояние на метаморфитите (включително наложените късни мигматизации и диафтореза) в отделни локалитети, е непродуктивна идея за целите на стратиграфски корелации на метаморфните комплекси. „Литотектонското“ разчленяване е подходящо единствено при непознат терен, в първите стъпки от неговото изследване.

Маркиращо значение за последователността на литоложките единици в Родопския масив има офиолитовата асоциация (амфиболити, метагабра, серпентинити), която заема определено стратиграфско положение в ниските нива на пъстрата свита от Родопската надгрупа и със своя специфичен състав се отличава от останалите скали.

Определянето на състава и генезиса на метаморфните *протолити* е важен елемент от литоложкия анализ и корелациата. За някои метаморфни скали – мрамори, слюдени шисти, кварцити това е безпроблемно. Трудности се появяват при метаморфни скали, където са възможни алтернативни решения – орто- или парапроизход и особено при подложените на интензивна мигматизация скали, където геохимичните методи губят ефективност. Най-честата методична грешка, наблюдавана при днешните изследвания е мълчаливото допускане на адекватност на химичния състав между протолита и опробваната метаморфна скала. Последвалите генетични интерпретации за характера на протолита и геодинамичната зона на създаването му често се правят само чрез опростени преизчисления на аналитичните данни, без съобразяване с наложените по-късни изменения във веществения състав и без комплексно изследване на характера на скалната асоциация и цялостната геоложка обстановка. Например, често се предлагат твърде категорични решения за ортопроизход на гнайсите от Прародопския комплекс, особено за лептитовите и порфиروبластичните гнайси. Наистина по геохимична характеристи-

ка те съответстват на гранитоиди, а порфиروبластичните гнайси наподобяват порфироидни гранити. Не се взима под внимание, обаче *слоистият* характер на лептитовите гнайси, които винаги лежат върху биотитови гнайси. Тези взаимоотношения, повече характерни за седиментните комплекси, отколкото за магматичните тела, се проследяват в целия Родопски масив. Освен това гнайсовият комплекс на Прародопската група е дълбоко преработен и многократно настиган с пегматит-аллитови гранитови деривати, което означава, че днешният му състав не е адекватен на протолита. Генезисът на порфиروبластичните гнайси също изисква съобразяване с тяхното пространствено развитие. Те често образуват тънки пластове, дори сред шисти. Теоретично е известно, че наличието на порфиробласти в гнайсите, освен като наследство от порфирни гранитоиди, може да се дължи на метаморфна бластеза при мигматизацията, деформация на ивичести мигматити или нарастване върху грубозърнести до дребногравийни пясъчници. Симптоматичен е фактът, че пластове от порфиробластични гнайси (евентуални грубозърнести седименти) се срещат най-често непосредствено под офиолитовата асоциация, която с появата си бележи рязка смяна в тектонската обстановка, а в Сакарската област порфиروبластичните гнайси преминават в метакогломератите на Константиновската свита (Кожухаров, 1991). Предвид тези и други съображения, считаме, че произходът на гнайсите все още не е решен окончателно. По-важен в случая е фактът, че Прародопската монотонна гнайсова надгрупа притежава белезите на древна метаморфозирана континентална кора, върху която се е отложила по-късно вулканогенно-седиментна формация, бъдещата метаморфна Родопска надгрупа.

Правилната корелация между скалните комплекси от различни тектонски блокове е от съществено значение за възстановяване на ранната тектонска еволюция на метаморфните комплекси. Не по-малко е значението на корелацията при интерпретиране на данните за абсолютната възраст на скалите, когато често аналогични по стратиграфско положение и веществен състав формации се обявяват за разновъзрастни, поради буквален прочит на изотопните данни.

## Метаморфизъм

Три главни проблема могат да се открият като най-съществени за изясняване процеса на метаморфизма:

– *еволюция на метаморфизма*, с отделяне на последователните метаморфни фази, определяне на фациалната им характеристика, ранговата им принадлежност към цикли и събития и привързването на последните към геоложки епохи и възрасти. Този твърде обширен въпрос още не е получил цялостно решение и единство на

мненията. Отделянето на метаморфни фази и фациалната им характеристика вече успешно се решава със съвременните методи на петрографията, термобарометричните измервания и микроструктурния анализ, допълвани от детайлни теренни данни за реперните структури и събития (Zagorchev, 1976; Kozhoukharova, 1999). Значително по-труден е въпросът за ранговата принадлежност на минераложките фази към събития, цикли и геоложки епохи, определяне периодите на консолидация и активизация на метаморфния комплекс, което изисква цялостна интерпретация на фактите за геодинамичното развитие на отделните блокове. Схема на метаморфната еволюция на Родопския масив беше предложена от Костов и др. (1986), в която метаморфизмът е представен като единен процес от четири етапа, разграничени по минераложки критерии. Схемата, обаче не отразява фациалното развитие на метаморфизма – липсват еклогитовият фациес и епохите на прекъсване и подновяване на процесите. Алтернативна на тази схема е представата за полициклично развитие на метаморфизма (Боянов, Кожухаров, 1968; Zagorchev, 1976, 2002; Kozhoukharova, 1989), при която се разграничават два цикъла през Прекамбрия, свързани със създаването и развитието на Прародопската и Родопската метаморфна надгрупа и фанерозойски активизации през Кадомската, Херцинската и Алпийска епоха, съответстващи на магнообразуване.

– *генезис на високобаричните метаморфни продукти* – един нетрадиционен проблем, който присъства все по-често в геоложката литература, предизвиквайки поява на различни неудовлетворителни хипотези. Повечето от тях разглеждат най-общо високобаричните метаморфити (еклогити, гранатови лерцолити) като дълбочинни образувания извън пределите на земната кора, попаднали в горните отдели на същата чрез неясния механизъм на ексхумация. Тази хипотеза, обаче е неприложима за Родопския масив. Еклогитите и гранатовите лерцолити там не са чужди тела, а образувани на място в собствена веществена среда – амфиболитите и серпентинитите от Прекамбрийската офиолитова асоциация. Тя от своя страна има определено стратиграфско положение в ниските нива на Пъстрата свита от Родопската надгрупа. Това обстоятелство опровергава мнението на някои гръцки автори (Mroskos, Krohe, 2006), изучаващи продължението на същата офиолитова асоциация на гръцка територия (т.нар. Кими комплекс), който те разглеждат като отделен блок, ексхумиран от мантийни дълбочини. Неприемливо е също така да се мисли, че целият Родопски масив е потънал по субдукционна зона до подобни дълбочини на високи температури, налягане, частично топене на скалите и след това да е бил ексхумиран, запазвайки ненарушен стратиграфския си порядък, гънковия строеж, амфиболитовия фациес на метаморфитите и особено непроменени въгренните

части на огромните серпентинитови масиви. Невъзможността за предполагаема повторна пълна серпентинизация в рамките на земната кора е неоспорим факт. Следователно високобаричните метаморфни продукти не са чужди тела, не са образувани в мантийни нива и по-късно изнесени нагоре, а са формирани в корови условия, най-вероятно в локални зони.

Петрографската литература е наситена с описания на еклогити, които показват еднотипна картина. По-важно е обаче да се проследи причинно-следствената връзка между деформация и метаморфна прекристализация в тектонските зони. Теоретичните и експериментални трибологични изследвания върху процесите на триене през последните 30 години убедително доказва, че в зоната на контакта между триещи се пластини температурата и налягането се повишават многократно, а в отделни точки възникват температурни взривове над 1000°C. Трибологичните принципи са приложими и за геоложките процеси. Те предоставят убедителна обосновка за условията на образуване на високобарични скали в пределите на земната кора и проявата на особен тип локален *трибометаморфизъм*. Развитието на подобен метаморфизъм предопределя анизотропно разпределение на термобаричните параметри и оттам различаване на *фонов* и *локален метаморфизъм* и неравномерно развитие на *синхронни хетерофациални минерални парагенези*.

– *метасоматичните изменения* имат съществена роля във формиране на веществения състав на метаморфните скали, но несправедливо са пренебрегвани при някои геохимични изследвания и интерпретации. Процесът е от особено значение при метаморфизма на офиолитите, където при взаимодействие между базичен/ултрабазичен и кисел субстрат се появяват хибридни скали, с масивна текстура, често погрешно приемани за магматично габро.

## Структура на кристалинния фундамент

Проблемите, свързани с вътрешната структура на метаморфните комплекси концентрират първо време често вниманието и въображението на геолози от много поколения. През по-ранните изследвания в трудовете на А. Янишевски, Д. Яранов, Е. Бончев, Р. Иванов, С. Бояджиев, И. Боянов, Д. Кожухаров, И. Загорчев и редица други изследователи бяха характеризирани най-значителните гънкови, разрывни и епидермални навлачни структури, преди всичко на територията на Родопския масив. Развитието на структурния анализ даде нови насоки към изучаването на мезо и микроструктурните синметаморфни деформации и тяхната връзка с еволюцията на метаморфизма и отделянето на събития и цикли (Zagorchev, 1976).

През последните десетилетия, обаче вниманието на тектонците беше насочено предимно към алпийските структури. Настойчиво беше лансираната представата за алпийски навлачен строеж на Родопския масив от „накупчени“ регионални навлаци (Burg et al., 1990; 1996), определящи структурния план на масива. Тази нова представа обаче не беше фактологически защитена с подробна характеристика чрез карти, профили, зарисовки на разкрития, снимки и др. по общовъзприетия начин. Беше избегнат коментар по въпроса защо стратиграфската последователност на литоложките единици е така добре запазена и не е нарушена от „накупчването“. Проблемът вече загуби острота, съдейки по някои актуални публикации (Bonev et al., 2006). В тях самите автори на идеята за навлачния строеж на Родопския масив изглежда вече са се отказали от нея, признавайки съществуването на регионални позитивни гънки в Източните Родопи като Кесебир-Кардамоската антиклинала, отдавна известна като Крумовградска антиклинала (Иванов, 1961). Дори нещо повече – в строежа на антиклиналата същите автори (Bonev et al., 2006) отделят два комплекса: гнайсов и пъстър, съответстващи по характеристика на известните Прародопска и Родопска надгрупа. Вече стана достатъчно ясно, че гънковите структури доминират в структурния план на фундамента. И това не е нечия идея или интерпретация, а реална картина, в която гънките се очертават от разположението на самите литоложки единици.

Въпросът за наличие на навлаци повдига и Хайдутов (Haydutov et al., 2004), основавайки се на единични радиогеохронологични дати – 1700–1800 млн. г. и 305–320 млн. г. за гнайсите от Прародопската надгрупа в Белоречкото подуване (Peytcheva, v. Quadt, 1995) и неопротерозойска 572 мил. г. (Carrigan et al., 2003) за амфиболитите от пъстрата свита на Родопската надгрупа. В случая те се подвеждат по данните на Пейчева и Квадт (Peytcheva, v. Quadt, 1995), които смесват гранитите от Орлов връх с порфиروبластичните гнайси на Пъновската свита. Те считат последните за деформирани гранити без да се съобразят с геоложкия факт, че недеформираните херцински гранити от Орлов връх (305–320 млн. г.) пресичат кристалина с множество апофизи и включват ксенолити от високометаморфозирани скали – гнайси и амфиболити (Кожухарова и др., 1988).

Днес като основен проблем и дълг преди всичко на тектонците продължава да бъде разграничаването на синметаморфните и постметаморфни гънкови и разрывни структури, които имат пряко отношение към стратиграфията на кристалинния фундамент и към метаморфизма. От особено значение е също морфологията на наклонените и лежащи мезогънки, зоните на срязване и локалните навлачни структури, които причиняват повторение на литостратиграфските единици.

## Възраст на метаморфните комплекси

Най-оживено дискутираният въпрос през последните години претърпя бързо развитие и значително изясняване, след като фосилни и изотопни данни потвърдиха прекамбрийската възраст на седиментацията (Кожухаров, Тимофеев, 1989; Tchoumatchenko, Sapunov, 1989; Кожухаров, Конзалова, 1990) и базичния магматизъм (Arcadaskiy et al., 2003; Carrigan et al., 2003). Проблемите за възрастта на метаморфните комплекси е предимно в областта, засягаща времето на регионалния метаморфизъм и наложените по-късни метаморфни събития. И тъй като решаването им за момента е в компетенцията и ангажираността на чужди специалисти, разработващи нови съвременни методи в модерни лабораторни бази, отговорността на българските геолози остава в правилното избиране на скалните проби, тяхната добра петроложка характеристика и изясняване на цялостната геоложка ситуация, необходима за една достоверна интерпретация.

## Литература

Вергилов, В., Д. Кожухаров, И. Боянов, Б. Маврудчиев, Е. Кожухарова. 1963. Бележки върху допалеозойските метаморфни комплекси в Родопския масив. – *Изв. Геол. инст.*, 12, 187–211.

Боянов, И., Д. Кожухаров. 1968. Строеие и блоково разделение Родопского массива. – *Изв. Геол. инст., сер. геотект., стратигр. и литол.*, 17, 199–226.

Иванов, Ж., С. Московски, К. Колчева. 1979. Основные черты строения центральных частей Родопского массива. – *Geologica Balc.*, 9, 1, 3–50.

Иванов, Ж., С. Московски, Д. Димов, К. Колчева. 1980. Литостратиграфическое расчленение метаморфических пород автохтонного комплекса в Централных Родопах между верхним течением р. Чепеларской и долиной р. Вычи. – *Geologica Balc.*, 10, 3, 3–30.

Иванов, Ж., С. Московски, К. Колчева, Д. Димов, Л. Клайн. 1984. Геологическое строение Централных Родопа. I. Литостратиграфическое расчленение метаморфических комплексов. – *Geologica Balc.*, 14, 1, 3–42.

Иванов, Р. 1961. Стратиграфия и структура на кристаллина в Източните Родопи. – *Труд. геол. Бълг., сер. геохим. и пол. изкоп.*, 2, 69–119.

Кожухаров, Д. 1984. Состав и строение Прародопской (Огражденской) и Родопской надгруппы в Централных и Западных Родопах. – В: *Особенности становления земной коры в докембрий Южной Болгарии, ПК IX, МС АНСС*, 54–69.

Кожухаров, Д., Б. Тимофеев. 1989. Микрофитофосильные данные о докембрийском возрасте Родопской супергруппы (Ситовская и Асеновградская группы) в Централных и Западных Родопах. – *Geologica Balc.*, 19, 1, 13–31.

Кожухаров, Д., М. Конзалова. 1990. Первые находки микрофитофосилей в Северном и Южном Пирине. – *Geologica Balc.*, 20, 2, 47–52.

Кожухаров, 1991. Константиновская метаконгломеративная свита в Сакар-Планине и Марицкой зоне между Симеоновградом и Димитровградом, Хасковская область. – *Geologica Balc.*, 21, 4, 73–81.

## Заклучение

Отличителна черта на древните високометаморфозирани скални комплекси е тяхната комплексна проблематика, при която отделните въпроси са обвързани в тясна взаимна зависимост, което от своя страна изисква и прилагането на комплексна методика при изучаването им. Докато при фанерозойските скални формации е възможно достатъчно успешно да се изследват независимо литологията, стратиграфията, магматизма, тектониката и възрастта им, то при метаморфните комплекси несъобразяването на резултатите от отделните методи с цялостната геоложка обстановка могат да доведат до абсурдни интерпретации и заключения. Във връзка с това може би трябва да се припомни, че в по-старите публикации се съдържат много полезни и подробни данни, които не са изгубили своята давност. Преоткриването и преименуването на известни скални формации и структури и представянето им като новост крие риск авторите им да покажат незнание на правилата или незнание на литературата.

Кожухарова, Е. 1987. Луковицкая пестрая свита в Гоцеделчевском районе, Западных Родопа. – *Geologica Balc.*, 17, 1, 33–45.

Кожухарова, Е., Д. Кожухаров, И. Загорчев, И. Боянов. 1988. Гнайс-гранити в Източните Родопи. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, XLIX, 2, 53–65.

Костов, И., Л. Грозданов, С. Петрусенко, М. Кръстева, Д. Рашкова. 1986. Син- и полиметаморфни минерализации в Централните Родопи. – *Геохим., минерал. и петрол.*, 20–21, 25–48.

Приставова, С., Е. Кожухарова. 1999. Структурна позиция на Чепеларската свита в района на Ардинско, Централни Родопи. – В: *Сборник резюмета Юбилейна конференция „Половин век системно и кондиционно геолошко картиране в България“*. София, 87–89.

Саров, С., З. Чернева, К. Колчева, Е. Войнова, Я. Герджиков. 2004. Литотектонска подялба на метаморфните скали от източните части на Централнородопската екстензионна структура. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 65, 1–3, 101–106.

Arcadaskiy, 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: *Program with abstracts Geol. Assoc. of Canada/Miner. Assoc. of Canada Ann. Meeting*. Vancouver, Canada, British Columbia, 673, 28 p.

Bonev, N., J. P. Burg, Z. Ivanov. 2006. Mesozoic-Tertiary structural evolution of an extensional gneiss dome – the Kessebir-Kardamos dome eastern Rhodope. – *Int. J. Earth Sci. (Geol. Rundsch.)*, 95, 318–340.

Burg, J. P., Z. Ivanov, L. E. Ricou, D. Dimov., L. Klain. 1990. Implications of shear-sense criteria for the tectonic evolution of the Central Rhodope Massif, southern Bulgaria. – *Geology*, 18, 451–454.

Burg, J. P., L. Klain, Z. Ivanov, L. E. Ricou, D. Dimov. 1996. Crustal scale thrust complex in the Rhodope Massif. Evidence from structures and fabric. – *Terra Nova*, 8, 6–15.

- Carrigan, C., 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. – In: *Abstracts of the International conference "Geology without frontiers: Magmatic and metamorphic evolution of Central European Variscides"*. J. Czech. Geol. Soc., 48, 1–2, 32–33.
- Dabovski, Ch., I. Boyanov, Kh. Khrishev, T. Nikolov, I. Sapunov, Y. Yaney, I. Zagorchev. 2002. Structure and Alpine evolution of Bulgaria. – *Geologica Balc.*, 32, 2–4, 9–15.
- Haydoutov, I., K. Kolcheva, L.-A. Daieva, I. Savov, C. Carrigan. 2004. Island arc origin of the Variegated Formation from the East Rhodope, Bulgaria – implications for the evolution of the Rhodope Massif. – *Ofioliti*, 29 (2), 145–157.
- Ivanov, R. 1965. Über Grundgebirgsbau und seinen Einfluss auf Petrochemie und Verteilung des Jungvulkanismus im Zentralmassiv der Rhodopen. – *Freiberger Forschungshefte, ser. C*, 150, 7–48.
- Kozhoukharova, E. 1989. Evolution of metamorphism in the Rhodope Massif. – In: *Extended Abstracts of the XIV Congress CBGA*. Sofia, 298–302.
- Kozhoukharova, E. 1999. Metasomatic gabbroids – markers in the tectono-metamorphic evolution of the Eastern Rhodopes. – *Geologica Balc.*, 29, 1–2, 89–109.
- Mposkos, E., A. Krohe. 2006. Pressure-temperature-deformation paths of closely associated ultra-high-pressure (diamond-bearing) crustal and mantle rocks of the Kimi complex: implication for the tectonic history of the Rhodope Mountains, northern Greece. – *Canadian J. Earth Sci.*, 43, 12, 1755–1776.
- Psycheva, I., A. von Quadt. 1995. U-Pb zircon dating of meta-granites from Byala-reka region in the East Rodopes, Bulgaria. – In: *Proceeding of the XV Congress CBGA*. Athens, Greece, 637–642.
- Tchoumatchenco, P. V., I. G. Sapunov. 1989. Paleontological evidence of a Precambrian age of the marbles at the Asenova Krepost Castle (Central Rhodopes, Bulgaria). – *Geologica Balc.*, 19, 1, 33–36.
- Zagorčev, I. 1976. Tectonic, metamorphic and magmatic markers in the polycyclic ultrametamorphic Ograzdenian Complex. – *Geologica Balc.*, 6, 2, 17–33.
- Zagorčev, I. 2002. Radioisotopic data and geodynamic interpretations in the eastern part of the Balkan Peninsula. – *Geologica Balc.*, 32, 2–4, 21–26.