



История на геоложката наука в България

Исторически преглед на познанията за високостепенните метаморфни комплекси в Южна България

Евгения Кожухарова

Българско геологическо дружество, ул. „Акад. Г. Бончев“, бл. 24, 1113 София

Historical overview of the knowledge of the high grade metamorphic complexes in Southern Bulgaria

Evgenia Kozhoukharova

Bulgarian Geological Society, Acad. G. Bonchev str., bl. 24, 1113 Sofia, Bulgaria; E-mail: ekozhoukharova@abv.bg

Abstract. A brief overview of the research on high metamorphic complexes in Southern Bulgaria over the last 100 years is presented. Four particular periods in the development of the scientific organization, the topics and the methodology of the study of the metamorphic rocks are specified: first period – individual studies, second – collective field studies, third – first correlations and international cooperation, and fourth – generalizations and modern analytical studies. The main research topics are specified as follows: stratigraphy and structure of the rock complexes, petrology and geochemistry of the rocks, granites and their metasomatic impact, ophiolites, facial characteristic of the metamorphic rocks, absolute age of the protoliths and the metamorphism. The contribution of the pioneers of the Bulgarian geological science, which laid the foundations for geological research has been highlighted, as well the abundant field and petrographic information resulted from the comprehensive work by performers of the second and third period. Attention is paid to the discussional problems.

The present review is written on honour of the 125th anniversary from the birth of Strashimir Dimitrov, who initiated a systematic study of the metamorphic rocks and granites and was a founder of the first schemes for subdivision of the high grade metamorphic rocks in Southern Bulgaria.

Keywords: high grade metamorphic complexes, periodization, Southern Bulgaria.

Резюме. Представен е кратък преглед на изследванията на високостепенните метаморфни комплекси в Южна България през последните 100 години. Очертани са четири характерни периода в развитието на научната организация, тематиката и методиката в изучаването на метаморфните скали: първи период – индивидуални изследвания, втори – колективни теренни изследвания, трети – първи корелации и международно сътрудничество, четвърти – обобщения и модерни аналитични изследвания. Посочени са основните изследователски теми: стратиграфия и структура на скалните комплекси, петрология и геохимия на скалите, гранити и тяхното метасоматично въздействие, офиолити, фашиална характеристика на метаморфитите, абсолютна възраст на протолитите и метаморфизма. Изтъкнат е приносът на пионерите на българската геоложка наука, поставили основите на геоложките изследвания и богатата теренна и петрографска информация, резултат на активната дейност на изпълнителите от втория и третия период. Обърнато е внимание на дискуссионните проблеми.

Прегледът е написан по повод 125 г. от рождението на Страшимир Димитров, поставил началото на системно изследване на метаморфните скали и гранитите и създал първите схеми за подялбата на висококристалинните скали в Южна България.

Ключови думи: високостепенни метаморфни комплекси, периодизация, Южна България.

Увод¹

Стогодишното изследване на кристалина у нас повтаря дългия и труден път на опознаването на метаморфните комплекси, известно от световната практика.

Високостепенните метаморфни комплекси са широко разпространени на Балканския полуос-

тров. Те изграждат ядрата в алпийските орогени: Родопски, Сръбско-Македонски, Пелагонски и Цикладски масив, както и редица по-дребни блокове с различни размери във Вътрешните Балканиди, Динаридите и Хеленидите.

Високостепенните метаморфни комплекси обхващат около една четвърт от разкритата площ на територията на България и съставят по-голя-

¹ Предложеният исторически преглед разглежда обстойно изследванията и развитието на идеите за високостепенните метаморфни скали на Южна България основно през първите три периода (според периодизацията на автора), докато четвъртият, обхващащ последните три десетилетия, е даден конспективно. Редакцията на Списанието на БГД предоставя страниците му на изследователите на метаморфизма през този период за едно по-широко и обобщено представяне на изследванията и получените от тях резултати, което да допринесе за разширяването на познанието ни за този толкова важен сегмент от геологията на България (*Бел. ред.*).

мата част от планините Родопи, Рила, Верила, Пирин, Беласица, Огражден, Влахина, Осогово, Същинска и Сърнена Средна гора, Сакар и значителни участъци от Ихтиманска Средна гора и Странджа. Същите комплекси са установени и на територията на съседните страни: по южните склонове на Родопите в Северна Гърция, южните склонове на Странджа на територията на Турция, в Сръбско-Македонския и Пелагонския масив в Македония и Сърбия. Информацията за високостепенните метаморфни комплекси от различните райони на България, както и от съседните страни, е неравностойна по обем и детайлност на разчленяването, поради което не навсякъде може да се проследи естествената връзка между тях.

Съгласно тектонския модел на алпийското развитие на българската територия (Dabovski et al., 2002), осъвременил класическата популярна тектонска концепция на Еким Бончев (Бончев, 1971), високостепенните метаморфни комплекси се разкриват в Моравско-Родопската и Средногорската зона. В Моравско-Родопската зона те изграждат Рило-Родопската, Пирин-Пангеонската, Моравската, Огражденската и Струмската единица. Първите две са известни в българската и чуждестранната геоложка литература с традиционното название Родопски масив, а Огражденският блок се отнася към Сръбско-Македонския масив. В Средногорската зона метаморфните скали са включени в Ихтиманската, Централносредногорската, Сакарската и Странджанската единица.

В състава на метаморфните комплекси от Южна България участват разнообразни по състав и структура гнайси, мигматити, гранито-гнайси, слюдени шисти, амфиболити, еклогити и мрамори. В тях са внедрени различни по обем, състав и възраст магмени тела, предимно с гранитоиден състав. Известни са разнообразни метаморфогенни полезни изкопаеми: джеспилити, гондити, кианитови и ставролитови шисти, рутилови амфиболити, талк, тремолитов и хризотил азбест, вермикулитови шисти, мрамори и други облицовъчни и декоративни минерални и скални материали. Метаморфните скали са вместила среда за полиметални и златни хидротермални орудявания с важно промишлено значение.

Еволюция на познанията за високостепенните метаморфни комплекси

Историята на изучаването на метаморфните скали в България отразява сложната проблематика на кристалинните комплекси и особено на тези,

включени в мобилните пояси. В тяхното изследване у нас се очертават 4 периода.

Първи период – индивидуални изследвания

Първите сведения за присъствие на метаморфни скали на Балканския полуостров и България намираме в работите на чуждестранните геолози: Ами Буе (1836–1838), Август Викенел (1836–1838), Фердинанд фон Хохщетер (1869–1872), Франц Тула (1875–1892), прекосили България неколккратно между 1836 и 1892 г. Тази информация бива разширена при геоложките траверси на Георги Златарски (1884). По-късно Йован Цвийч (Свијиќ, 1901) разделя кристалина на два хоризонта – нискокристалинен и висококристалинен, и очертава контурите на Родопския масив. Редица автори (Kossmat, 1924; Petraschek, 1931; Jaganoff, 1938; Бончев, 1946) в своите геоложки трудове и геоложки карти доразвиват някои идеи на Цвийч в различни аспекти и допринасят към познанията за метаморфните скали. С обособяването на Катедрата по минералогия и петрография при Софийския университет (1897 г.), оглавявана от Георги Бончев, започва диференцирано изучаване и систематизиране на магмените и метаморфните скали. Още в първите десетилетия на миналия век Г. Бончев успява да обходи районите с разкрития на метаморфити по нашите земи. В първата издадена обобщителна информация „Кристалинните шисти в България“ (Бончев, 1915) намираме сравнително подробни сведения за находищата и петрографския състав на почти всички известни метаморфни скали. Днес, когато проследяваме пътя на първите ни самотни природоизследователи, изминат с тогавашните транспортни средства, липсата на лаборатории и екипи от сътрудници, се изпълваме с признателност и възхита от възрожденската им всеотдайност, дълбочината на тяхната мисъл и геоложка интуиция, от съзнанието им за мисия да разкрият геоложката история и картината на нашите земи. Те поставиха стабилните основи на българската геология, върху които днес ние надграждаме.

Начало на системно и модерно изследване в петрографски аспект на магмените и метаморфните комплекси поставя Страшимир Димитров. В своята забележителна встъпителна лекция „Постижения и задачи на петрографските изучавания у нас“, прочетена на 7 март 1938 г., с която се представя като преподавател в Университета, той прави пространен преглед на постиженията на геоложките и петрографските изследвания до този момент, отдавайки заслуженото признание на

предшествениците си. В хронологичен ред проследява по-главните фази на магматичната дейност. От нискостепенните метаморфни комплекси разглежда по-подробно диабаз-филитоидната формация. При високостепенните метаморфни скали различава еднообразни по състав кристалинни шисти, за които предполага архайска възраст, и „една мощна и пъстра редица от разновидности гнайси, слюдени шисти, амфиболити, включващи на места големи легла от мрамори, която се разполага обикновено върху предходните кристалинни шисти и заема безспорно по-високо стратиграфско положение“. Така, още при първото си обобщение за магмените и метаморфните скали в България, в няколко реда Стр. Димитров дава много точна характеристика на две различни по състав и стратиграфско положение високостепенни метаморфни групи. Специално внимание е обърнато на Южнобългарските гранити и тяхната роля за метаморфизма. Подчертава се необходимостта от съвременни разширени и детайлизирани петрографски и петрохимични изследвания на скалите „в близко сътрудничество между петрографи и геолози“. С тази своя програмна лекция, разширена и детайлизирана 8 години по-късно, Страшимир Димитров още преди 80 години формулира главните проблеми и насоки в изследването на метаморфните скали (Димитров, 1938, 1946).

Втори период (1945–1960) – колективни теренни изследвания

След Втората световна война започват интензивни геоложки изследвания, главно в Родопския масив, във връзка с проучванията на залежите на полиметални руди и изграждането на хидромелиоративни съоръжения. Успоредно с това през 1948 г. се поставя началото на общо кондиционно геолошко картиране на българската територия, което в Южна България се организира от Главната дирекция за геоложки и минни проучвания и от Комплексната геоложка експедиция (1948–1955) към ДП „Полиметали“, в която работят съвместно български и съветски геолози. През почти двадесетгодишния работен период метаморфните терени в Южна България са покрити изцяло от геоложки карти в мащаб 1:100 000 и 1:25 000, а редица площи около рудните находища – в мащаб 1:10 000 и 1:5000. Те са придружени от пространни текстови описания на структурата, стратиграфията и веществения състав на изследваните скали.

Детайлното разчленяване на кристалина у нас започва с геоложкото картиране на Централните Родопи през 1948 г. Съветският геолог Н. Ф.

Соловьев (Соловьев, 1953ф²) съставя литостратиграфска схема на Централните Родопи, в основата на която лежи даденото от Cvijić (1901) и възприето от Димитров (1938, 1946) и Яранов (1943) разделяне на кристалина на два хоризонта по степен на кристалинност. Соловьев ги приема за два разновъзрастни комплекса: долен – M_1 , разделен на 4 свити, и горен – M_2 – на две (виж Приложение). Периодът на геоложкото картиране е време на интензивно и масово събиране на информация за метаморфните комплекси, която се съхранява, с ограничен достъп до нея, в геоложките фондове на Главната дирекция и на ДП „Полиметали“.

През 1947 г. се обособява Геологическият институт при БАН с презумпцията да бъде „център за общото развитие на нашата геологическа наука“ с директор акад. Георги Бончев, а от 1952 г. – акад. Страшимир Димитров. По-късно се създават Минно-геоложкият институт (1953 г.) и Научноизследователският геологически институт (НИГИ) към Комитета по геология (1960 г.), а Геологическият институт при БАН се разширява.

Този период е време на активна научна и организационна дейност за Страшимир Димитров. Той е канен за консултант от различни организации, извършващи строителна и проучвателна дейност, главно в Родопите. Много от неговите бивши студенти, работещи в картировката, често идват в Геологическия институт, за да търсят съвет и помощ за работата си. С възкателната си преподавателска и научна дейност Стр. Димитров създава школа от петрографи и утвърждава микроскопските и петрохимичните изследвания като основни прецизни методи за изучаване на скалите, комплексно с теренните наблюдения. В няколко поредни статии след 1946 г. той доразвива своите виждания за строежа, състава и метаморфизма на кристалинните скали в Южна България, запазвайки поделянето им на два комплекса.

През 1953–1954 г. Страшимир Димитров, съвместно с Васил Вергилов и др., провежда профилни проучвания в Западните Родопи. В две следващи публикации (Димитров, 1955; Dimitrov, 1959) стратиграфското поделяне на кристалина в два комплекса се запазва, но се внасят изменения в свитите (виж Приложение). Главният критерий за разделянето им е степента на метаморфизъм. Предполага се архайска възраст за долния и протерозойска – за горния ком-

² Соловьев, Н. Ф. 1953ф. *Геологическое строение и полезные ископаемые Центральных Родоп (по данным геол. съемки с поисками масштаба 1:100 000, проведенными в 1948–1950)*. Министерство на енергетиката, Национален геоложки фонд, I-388.

плекс. На геоложката карта в мащаб 1:200 000, по препоръка на Стр. Димитров като консултант, границата между двата комплекса е представена като трансгресивна, с ъглов дискорданс, и е поставена между лептитовите гнайси и лежащите над тях слюдени шисти по долината на р. Чепеларска в Асеновградско. Вергилов (1960) изтъква липсата на ъглов дискорданс между двете серии в северната част на Централните Родопи.

В обзорна статия, публикувана през 1959 г. в авторитетно немско списание, за съжаление неговата последна статия, Страшимир Димитров (Dimitrov, 1959) представя в синтезиран вид своята версия за литостратиграфския строеж на кристалинния фундамент, с основна информация за метаморфизма и метасоматичното въздействие на гранитните батолити. Този стратегически обзор става основен ръководен модел, който изследователите на метаморфните комплекси следват, уточняват, детайлизират и допълват, запазвайки литостратиграфския подход. Главните насоки, посочени в статията – литостратиграфското разчленяване на метаморфните комплекси, граничния магматизъм и неговото метаморфно въздействие, остават като дълготрайни проблеми за нашата геология. Те са доразвити и обогатени с нова съвременна информация, но тяхната актуалност е запазена и до днес.

Трети период (1960–1990) – първи корелации и международно сътрудничество

След 1960 г. продължава литостратиграфското и структурното изследване на метаморфните комплекси от различни автори, като се допълват, обобщават и осмислят резултатите от приключилото към 1962 г. геоложко картиране. Предложената от Страшимир Димитров стратиграфска схема се прилага в различни метаморфни терени (Богданов, 1960; Димитрова, 1960; Бояджиев, 1962). Появяват се варианти: Иван Борисов (Борисов, 1960) акцентира върху степента на метаморфизъм и мигматизацията за долния комплекс, а за горния предполага мезозойска възраст, докато Росен Иванов (Иванов, 1961; Ivanov, 1965) отрича съществуването на два комплекса и поделя кристалина на 6 самостоятелни единици (виж Приложение).

Проведените геоложки изследвания от 1959 до 1963 г. в северната част на Централните Родопи показаха липсата на ъглов дискорданс и метаморфен хиатус между установените по тези места две метаморфни серии. Това даде основание за района на Севернородопската антиклинала да се предложи (Кожухарова, Кожухаров,

1962) нова схема с 5 основни литостратиграфски единици (виж Приложението). Впоследствие се оказа, че този профил на метаморфитите в Севернородопската антиклинала има представително значение и е най-близко до еталонния (генерализирания) стратиграфски ред за Прекамбрия в Родопския масив (Kozhoukharova, 2008).

При аналогични изследвания в Източните Родопи (Боянов и др., 1963; Боянов, 1968) кристалинът е разделен на два комплекса: долен – гнайсов, и горен – пъстър. Иван Боянов и Димитър Кожухаров съпоставят данните за стратиграфията на метаморфните комплекси от Централните и Източните Родопи и иницират създаване на нова обща стратиграфска схема на метаморфните комплекси в Родопите (Вергилов и др., 1963), основана на литоложки принцип. В нея се прави кратко сравнение между петрографския състав на Родопския кристалин и този от Сакаро-Странджанската област, Средногорието и Огражденския блок от ЮЗ България. Възприема се разделянето на кристалина на два разновъзрастни литостратиграфски комплекса с предполагаема архайска възраст за долния и протерозойска – за горния (Приложение).

Тематични изследвания върху петрографската и минераложката характеристика на метаморфните комплекси се провеждат от Геологическия институт при БАН, Научноизследователския геологически институт към Комитета по геология, Биолого-геолого-географския факултет към Софийския университет и Минно-геоложкия институт. Публикуваните статии допълват и разширяват информацията за метаморфните комплекси в отделни райони и поставят на дневен ред нови проблеми по тектонското положение, вътрешната структура, развитието и възрастта на метаморфните комплекси.

Подем получават петроложките и минераложките изследвания върху метаморфните скали, отразени в статии на Иван Костов (Костов, 1939, 1954, 1956, 1965; Костов и др., 1962) и Стефан Бояджиев (Бояджиев, 1959, 1962). Елена Димитрова (Димитрова, 1960, 1964, 1971) провежда петроложки изследвания върху кристалинния фундамент от различни райони с прилагане на парагенетичния анализ. Появяват се първи изотопни данни за абсолютната възраст от Йорданов и др. (1962). След преждевременната загуба на Страшимир Димитров през 1960 г. за този период е характерна известна еkleктичност на изследванията, липса на добро взаимодействие между изследователите на метаморфните скали от различни направления и научни орга-

низации поради липсата на авторитетна обединяваща научна личност. Това печално обстоятелство забавя изработването на цялостна съгласувана концепция за развитието на прекамбрийските метаморфни комплекси.

Независимо от засиленото разработване на проблемите на Прекамбрия, през 60-те години на XX век става ясно, че прекамбрийските комплекси, в сравнение с фанерозойските, са много по-слабо изучени в световен мащаб, а получените резултати са трудно съпоставими. Това налага принципно ново отношение към изучаването им, като се възприемат различни форми на обединение на научната мисъл, предимно в рамките на Европейския континент. Създават се двустранни и многостранни сътрудничества между научните организации по линия на Академиите на науките и висшите учебни заведения със съседните страни и бившите социалистически страни от Източна Европа.

Активизира се дейността на Карпато-Балканската геоложка асоциация (КБГА), която през 1965 г. провежда своя пореден конгрес в България. Той се превръща в грандиозно събитие за цялата геоложка общественост, което дава нова енергия и стил на геоложките изследвания у нас. Разширяване на научното сътрудничество се осъществява също и по Международната геоложка корелационна програма (МГКП) под егидата на ЮНЕСКО, в която само за периода 1972–1976 г. са включени 7 проекта за Прекамбрия, от които 5 – за Европа. В рамките на тази програма, в която вземат участие повече от 40 страни, се извършват съвместни сравнителни изследвания, набелязват се общи проблеми, изработват се нови принципи и методики за изследване. Български учени от Геологическия институт при БАН и Софийския университет „Св. Климент Охридски“ участват в многостранния Проект 22 „Прекамбрий в младите нагънати пояси“. Резултатите от изследванията са обобщени в мултимонографията „Precambrian in Younger Fold Belts“ с главен редактор В. Зоубек (Zoubek, 1988) от Чехословашката академия на науките и съредактори Ж. Конье (Франция), Д. Кожухаров (България) и Х. Кройтнер (Румъния). Това е първото обобщение за прекамбрийските комплекси в Европа.

Успоредно с работата по МГКП-ЮНЕСКО тръгва и втора международна научна програма между Академиите на науките на социалистическите страни, в която геоложките въпроси са включени към Проблем IX „Геосинклиналният процес и образуването на земната кора“. Една от петте подкомисии разработва проблемите на Прекамбрия в темата „Особености на образуване на земната кора през Докамбрия“. След

1985 г. изследванията продължават в рамките на Проблемна комисия „Земна кора – структура, еволюция и металогения“, където в проект I „Първична природа, особености на преобразуване и рудообразуване в докамбрийската кора от разновъзрастни нагънати области“ работата продължава по няколко геотраверса. Един от тях минава през територията на България по линията Колски полуостров–Родопски масив. Геологическият институт при БАН, с директор акад. Еким Бончев, е централен ръководен и координиращ орган и на двете международни научни програми. Благодарение на субсидиите се провеждат съвместни теренни изследвания по характерни профили и обекти от участници от различни страни. Резултатите от теренните и лабораторните изследвания излизат в редица пътеводители, статии, сборници и монографии. Изработват се единни принципи, понятия, методика на изследване и сравнителни критерии, изясняват се общите и приоритетните проблеми на Прекамбрия. Поставят се основите за корелиране на метаморфните комплекси от различни отдалечени региони.

Тематичните изследвания на метаморфните комплекси у нас се развиват по няколко основни линии.

Петрографска, минераложка и геохимична характеристика на т. нар. Южнобългарски гранити, техните аплит-пегматитови деривати и метасоматичното им въздействие върху околните скали. Разработват се въпросите за мигматизацията, гранитизацията и анатексиса, съществени елементи от регионалния метаморфизъм, които намират място още в първите специализирани работи за метаморфните комплекси (Димитров, 1955; Димитрова, 1960, 1964, 1971; Борисов, 1960; Бояджиев, 1962, 1963; Ермолаев и др., 1977). Отбелязват се също техните структурни особености и разновъзрастното им фазово развитие (Вълков и др., 1989). Успоредно с изучаването на мигматитите обект на изследване са пегматитовите и аплитовите жили в кристалина (Иванов, 1970; Arnaudov, 1975). Дълготрайно се изучава взаимодействието на пегматит-аплитовите гранитови деривати с вместващите ги скали: от една страна, десилификацията на самите жили и разнообразното съдържание на редки акцесорни минерали в тях (Арнаулов, 1976; Арнаулов, Фъкев, 1978; Петрусенко и др., 1966, 1971, 2005 и редица други публикации) и от друга страна – фелдшпатизацията на околните скали. Започват системни изследвания върху геохимията на метаморфните скали и съдържанието на редкоземни елементи в тях от Златка Чернева, Елена Станчева, Лилан Даиева, Люси Тадже и Елен Алексиев, публикувани по-късно

в редица статии (Чернева, Даиева, 1986; Чернева и др., 1987 и др.). Проследяват се етапите в развитието на метаморфизма чрез син- и полиметаморфните минерализации и алпийския тип жили (Костов, 1965; Костов и др., 1986).

В Средногорската област изследванията върху гранитите са представени в трудове на Христо Дабовски (Dabovski et al., 1965; Дабовски, 1968; Дабовски и др., 1972) и Иван Загорчев (Загорчев и др., 1973).

Литостратиграфско разчленяване и вътрешна структура на кристалинния фундамент. Изследванията по тази тема са дългогодишни, обхващат пространни терени и са насочени в няколко направления: отделяне на литостратиграфски единици (Боянов, Кожухаров, 1961; Кожухаров, 1968, 1984, 1987; Кацков и др., 1997), стратиграфски и тектонски взаимоотношения между тях (Боянов и др., 1963, 1965, 1969), вътрешна структура на кристалина (Боянов, 1968; Боянов, Кожухаров, 1968), последователност на полидеформационните и полиметаморфните прояви в Родопския и Сръбско-Македонския масив (Зидаров и др., 1971; Zagorčev, 1976).

Централните Родопи се превръщат в емблематичен район с най-висок информативен коефициент в изучаването на високостепенните метаморфни комплекси. След съставянето на първата непубликувана и останала почти недостъпна литостратиграфска карта на част от Централните Родопи (Соловьев, 1953ф) много от последвалите изследвания са съсредоточени отново в същия район. През 1968 г. е изработена подробна геоложка карта на Централните Родопи в М 1:100 000 (Кожухаров, 1968). Отпечатана в десетки екземпляри и предоставена за ползване в Геологическия институт, Геолого-географския факултет на Софийския университет „Св. Климент Охридски“, НИГИ и Минно-геоложкия институт, тя става достояние на всички интересувани се от проблемите на Прекамбрия и основа за различни изследвания. Към нея е добавена стратиграфска колонка, в която Прекамбрият е поделен на два комплекса – архайски (?) и протерозойски, детайлизирани в групи и свити, номинирани по петрографски състав (Приложение).

По-късно Живко Иванов с колектив от Кръстина Колчева, Димо Димов, Стилиян Московски и Ласло Клайн провежда нови профилни литостратиграфски изследвания по същите места и отрича съществуването на два различни метаморфни комплекса, считайки ги за един и същи, с повсеместно развити докамбийски гънкови структури (Иванов и др., 1979). В следваща статия (Иванов и др., 1980) авторите отделят автохтонен и алохтонен комплекс, а по-късно (Иванов и др., 1984) публикуват „единна

Централнородопска литостратиграфска схема на Докамбрия“. В нея е запазена характеристиката и последователността на литостратиграфските единици, посочени от Кожухаров (1968), но петрографските наименования на свитите са заменени с географски съгласно изискванията на неотдавна публикувания Стратиграфски кодекс (Коюмджиева и др., 1982), а в някои от единиците са внесени подразделения. Четири години по-късно Живко Иванов (Ivanov, 1988) се отказва от идеята за единна литостратиграфска последователност в Централните Родопи и лансира ново виждане за тектонския строеж на района, представен като серия от дискордантни скални пластини от метаморфити, разделени от юрско-кредни, кредни и кредно-палеогенски седименти. Появяват се сензационни съобщения за намерени множество екземпляри от макро- и микрофосили в мраморите от Асеновградско с предполагаема мезозойска възраст. Тези съобщения за известно време предизвикват силен отзвук и остри спорове сред геоложката общественост, но в следващите години шумът замира, тъй като авторите не показват обявените мезозойски фосилни форми, респективно юрско-кредните септи между дискордантните скални пластини. Своевременно Платон Чумаченко и Иво Сапунов (Tchoumatchenco, Sapunov, 1989) установяват в материалите на Ж. Иванов фосилни форми, служещи като “paleontological evidence of a Precambrian age of the marble”. Още преди това са определени микрофитофосилни форми с прекамбийска възраст в мрамори и калкошисти (Кожухаров, Тимофеев, 1979). Така приключва един от реперните моменти в историята на научните дискусии за младата възраст на високометаморфните скали в България.

Вътрешната структура на кристалина се изследва и детайлизира успоредно със стратиграфските разработки. Към известните вече гънкови и навлачни структури (Jaganoff, 1938; Янишевски, 1937, 1947; Яранов, 1943, 1956, 1960) са описани и номинирани редица нови антиклинални и синклинални гънки и локални надхлъзвания в Родопите (Иванов, 1961; Боянов и др., 1963), Пирин (Бояджиев, 1959) и Огражден (Загорчев, 1976, 1984). Тенденцията в изследванията е да се разграничат старите синметаморфни от наложените алпийски структури и да се определят етапите на образуването им. Обръща се внимание на разнообразните по характер дребни изоклинални и лежащи гънки, будинажи, зони на срязване, пластичните деформации на мезо- и микрониво, относителната последователност във формирането им на базата на структурни критерии (Zagorčev, 1976; Загорчев, 1981).

Преобладава възгледът за доминиращ гънков строеж в общия структурен план, който показва двупосочна И-З и С-Ю ориентировка, добре изразена в Централните Родопи (Иванов, 1961), и за епидермалния, според Яранов (1960), характер на Среднородопския навлак. С установяването в сондажи на „Ермореченския дълбочинен навлак“ в Централните Родопи (Манев, Игнатовски, 1981) обаче отново е повдигнат въпросът за ролята на навлаците (Ivanov, 1981).

Развитие и метаморфизъм на офиолитовата асоциация. Основният елемент от офиолитите – серпентинитовите тела сред кристалина, са известни от началото на миналия век (Стоянов, 1907), а във връзка с интензификацията на проучванията на полезни изкопаеми се изследват хромитите в тях (в Добромирския масив – Николаев, 1958). Първите системни изследвания върху серпентинитите принадлежат на Мария Желязкова-Панайотова (1960), която в сътрудничество с Иван Паяков, Кръстина Колчева, Кирил Божинов, Людмила Ивчинова, Стефан Бояджиев и др. организира и провежда дългогодишни изследвания върху петрохимията, петрографския състав, неметалните суровини (азбести, вермикулит и др.) и орудяването в серпентинитите от Родопския масив (Паяков и др., 1963; Желязкова-Панайотова и др., 1972, 1977, 1978 и редица други статии). През първите години серпентинитите се разглеждат като продукти на ултрабазична магма, проникнала по канали в метаморфния комплекс и хидратизирани на място до днешното им състояние (Желязкова-Панайотова, Иванов, 1966; Желязкова-Панайотова и др., 1972). В следващи публикации се отбелязва десерпентитизацията и регенерацията на оливини и пироксени като по-късни изменения (Колчева и др., 1984а). Изтъква се практическото значение на серпентинитите като рудоносна и комплексна суровина (Желязкова-Панайотова и др., 1981; Желязкова-Панайотова, 1989).

В Геологическия институт при БАН изследванията са насочени към изясняване на стратиграфското и структурното положение, както и на петрографския състав на разнообразните членове на офиолитовата асоциация. След първите находки на базични метавулканити и диабазити (Кожухарова, Кожухаров, 1962) в следващите десетилетия се прибавят метагабронорити (Топракчиева, 1964), метагабра и рутилови амфиболити (Кожухарова, 1972). С намирането на еклогити (Kozhoukharova, 1980; Димитрова, Белмустакова, 1982; Колчева и др., 1984б, 1986; Liati, 1988), а по-късно и гранатови лерцолити (Kozhoukharova, 1996), в българската петроложка литература се открива темата за генезиса и

мястото на образуване на високобаричните метаморфити. Генезисът на офиолитовата асоциация се свързва с обдукция на серпентинизирани океански фрагменти върху континентална кора, покрити от вулканити и седименти, впоследствие общо метаморфозирани (Кожухарова, 1984а, б).

Абсолютна възраст на метаморфните протолити и метаморфните изменения. Един от най-дискутираните въпроси през целия изследователски период и до днес е възрастта на протолитите и метаморфизма. Изследванията обикновено са в сътрудничество с външни български и чуждестранни организации. Постепенно се събира голям масив от данни за абсолютната възраст чрез прилагане на различни изотопни методи. Първите данни за фанерозойска абсолютна възраст по К-Аг метод от Йорданов и др. (1962), Бояджиев (1963), Арnaudов и др. (1969) са предизвикателство към традиционните схващания за прекамбрийската възраст на кристалина. Следват все по-интензивни изследвания, въвеждат се нови методи (Бояджиев, Лилов, 1971, 1976; Лилов и др., 1983; Загорчев и др., 1989). Утвърждават се данните за проявен алпийски метаморфизъм в Родопския кристалин (Arnaudov et al., 1990).

Третият период (1960–1990 г.) се очертава като резултатен за работата върху метаморфните комплекси, белязан с поява на богата нова информация, идеи и първи по-цялостни обобщения по отделни скални формации и проблеми, поставени от едно амбициозно и активно поколение геолози. И въпреки че вълненията на чистата научна мисъл от обикновени дискусии понякога прерастват в бурни непродуктивни спорове, често с конюнктурен характер и политически привкус, безспорно това е може би най-интензивният и плодотворен период в стогодишните геоложки изследвания в нашата страна до сега.

Четвърти период – обобщения и модерни аналитични изследвания

След 1990 г., поради рязко сменената политическа обстановка в Европа, се прекъсва действието на Програмата за научно сътрудничество между академиите на науките от бившите социалистически страни и международните съвместни изследвания се ограничават в рамките на отделни двустранни или лични научни контакти. Приключва и работата по МГКП-ЮНЕСКО.

В периода 1993–1995 г. се публикуват 86 картни листа и записки към тях от Геоложката карта на България в М 1:100 000. Прекамбрийските метаморфни комплекси заемат място в

1/3 от тях. Картите и записките са концентриран израз на наличната до 1990 г. информация за разпространението, стратиграфията, строежа, петрографския състав на същите комплекси, съставени на основата на стратиграфската концепция на Димитър Кожухаров (Kozhoukharov, 1988). Основната редакторска и обобщителна работа при оформлението на картите и записките към тях, засягащи терените с метаморфни скали от Южна България, е предоставена на Геологическия институт при БАН. Заслуга в изработването на Геоложката карта в М 1:100 000 в частта за метаморфните комплекси, освен сътрудниците на Геологическия институт Димитър Кожухаров, Иван Боянов, Иван Загорчев, Христо Дабовски, Евгения Кожухарова, имат също и дългогодишните участници в геоложкото картиране Николай Кацков, Веселин Вълков, Ристана Маринова, Надежда Антова, Йоана Динкова и др.

Подновяване на теренните изследвания върху високостепенните метаморфни скали настъпва след 2004 г. с провеждането на ревизионни картировачни работи в М 1:50 000 в Източните, Централните и Западните Родопи, Пирин и Сръбско-Македонския масив под ръководството на Стоян Саров и ново поколение от млади геолози. Възприемат се нови методи за разделяне на метаморфните скали, при които литостратиграфският подход е заменен с „литотектонски“ (Саров и др., 2004). Отделят се локални скални единици по комплекс от белези, необвързани с официалния Стратиграфски кодекс (Коюмджиева и др., 1982). Резултатите са публикувани в серия от картни листове от Геоложката карта на Република България в М 1:50 000 и записките към тях.

Увлечението по плейттектонските идеи възражда възгледите за определящо значение на навлачните структури в Родопите. Кристалинът се представя идейно като млада алпийска постройка, изградена от „купчина“ навлачни пластини (Burg et al., 1990, 1996; Ricou, 1994), а ултрабазичните тела и еклогитите – като маркиращи различни сутури, субдукционни зони, навлачни повърхнини или дълбочинни разломи (Haydoutov, 1989; Burg et al., 1990; Dobretsov, 1991; Sokoutis et al., 1993). Отделят се и се номинират нови тектонски единици, с които се подменят имената на официалните литостратиграфски единици. Лансира се възгледът за тяхното алохтонно положение, литоложките граници се тълкуват като тектонски, рисувайки една геоложка картина, отличаваща се от конфигурацията на литоложките единици (Georgiev et al., 2010; Janak et al., 2011; Kirchenbaur et al., 2012; Jahn-Ave et al., 2012). Тектонските интерпретации отдават по-голямо значение на

екстензията при геоложките процеси (Загорчев, 2001; Burchfiel et al., 2010; Burg, 2012; Bonev et al., 2013). Осъвременява се интерпретацията на някои от описаните преди разломни зони, които се представят като крупномасщабни структури (Саров и др., 2004; Bonev et al., 2006).

Продължават стратиграфските и структурните изследвания на кристалина в Сакарско-Странджанската област, сравним с този от Източните Родопи. Нов момент е добавянето на Константиновската метаконгломератна свита към Прародопската надгрупа (Кожухаров, 1991). Иванов и др. (2001) оспорват метаседиментния ѝ характер и я разглеждат като тектонско образувание на деформирани през Мезозоя Сакарски тип гранити. Близко тълкуване дава Загорчев (Zagortchev, 1994) – алпийска псевдоконгломератна формация от тектонски фрагменти в дълбока зона на срязване между Лесовските гнайси-гранити и Сакарския гранит. Евгения Кожухарова (Kozhoukharova, 2008) я определя като базален конгломерат под Ботурченската група, с който започва Родопската надгрупа. Спорно е тълкуването на стратиграфското място на самата Ботурченска група. Иванов и др. (2001) я причисляват към единен скален комплекс с фаунистично датирани триаски метаседименти, докато Кожухарова (Kozhoukharova, 2008) я отнася към Родопската надгрупа. Провеждат се нови петрографски изследвания на метаморфитите (Tzankova, Pristavova, 2007).

Странджанският кристалин остава най-слабо изученият от високостепенните метаморфни скали в Южна България. Към старата информация, наследена от Янишевски (1946), Боянов (1968), Димитров (Dimitrov, 1959) и Борислав Каменов (Каменов, 1976; Каменов и др., 1986), през 90-те години се добавя нова от Сава Савов (1993) и Емил Василев (2000). Разкритията на метаморфни скали показват широк литоложки спектър от гранитогнайси, мигматизирани и лептитови гнайси, шисти, амфиболити, мрамори и серпентинити, което предполага участие на скали от Прародопската и Родопската надгрупа. Желязковският плутон, съставен от метаморфозирани базични габроидни и ултрабазични серпентинизирани скали, съответства на скалите от офиолитовата асоциация от Родопите.

Един от най-ранните, дебатиран и до днес проблеми в българската геология е нискокристалинният диабаз-филитоиден комплекс (ДФК) и взаимоотношенията му с високостепенния кристалин. Комплексът се разкрива предимно в западната (Фролошка свита) и по-слабо в източната периферия (Кулиджикска група) на Родопския масив. Темата, въведена от Страшимир Димитров (1934), третира главно въпросите за първичния

контакт между ДФК и високостепенните метаморфни скали и характера на деформационните тектонски нарушения по границата им. По отношение на първичния контакт се очертават три мнения: а) постепенен стратиграфски и метаморфен преход (Белев, 1960); б) трансгресивна граница със структурно и метаморфно несъгласие (Бояджиев, 1964; Бояджиев, Иванова-Панайотова, 1966; Загорчев, 1987 и др.); в) навлачен контакт – преди (Иванов и др., 1987) и след (Хайдутков, 1991) зеленошистния метаморфизъм. Николай Бонев (Bonev, 1995) определя контакта като синметаморфен пластичен разлом. В обобщителна статия на Антонов и др. (2001) се подчертава присъствието на реперно ниво от ортоамфиболити и метагранитоиди по границата между двата комплекса, което води към по-различно тълкуване на структурно-веществените процеси по зоните на пластично срязване. Аналогични са проблемите между ДФК и високостепенните метаморфни скали в Източните Родопи (Боянов и др., 1969).

През този период напредък регистрират аналитичните лабораторни изследвания, насочени към изясняване на геохимичния характер на метаморфните скали и техните протолити, веществените изменения, настъпващи при последователните метаморфни фази, фациалния характер на метаморфните прояви и възрастта на първичните скали и метаморфизма. Значително е допълнена информацията за съдържанието на редките земи в гнайсите и амфиболитите, на базата на които се извършват интерпретации за геодинамичната зона на образуването на метаморфните протолити. Петрографските изследвания детайлизират петрохимичния и фациалния характер на метаморфните скали от Родопския и Сръбско-Македонски масив. Публикуват се нови данни за петрохимията на базичните офиолити (Закариадзе и др., 1993; Приставова, 1996; Daieva, Pristavova, 1998; Базылев и др., 1999). Нов принос към темата са данните за съдържанието на елементи от групата на платиноидите (Tarkian et al., 1991; Zhelyaskova-Panayotova, Economou-Eliopoulos, 1994; Gonzalez-Jimenez et al., 2012) и минерализациите на злато в серпентинитите (Желязкова-Панайотова и др., 2000; Ненова, Маринова, 2007).

Значително се обогатява и обобщава геоложката информация за ЮЗ България (Zagorchev, 2001), възрастта и петрографската характеристика на метаморфните скали (Machev, Kenkman, 2001; Pristavova et al., 2007) и гранитите (Graf, 2001; Титоренкова, Мачева, 2005; Macheva et al., 2006; Zidarov et al., 2007, 2009).

Осъвременяват се изследванията върху петрологията на метаморфните скали (Чернева и др.,

1998; Georgieva et al., 2002). Откриват се нови находища на еклогити във Верила (Kozhoukharova et al., 1993) и Източните Родопи (Кориковский и др., 1998), гранатови лерцолити и метасоматични габроиди (Kozhoukharova, 1996, 1999), еклогити по пукнатини (Nenova, Zidarov, 2008) или се детайлизират изследванията върху някои известни еклогити в Средногорската зона (Machev et al., 2006; Gaggero et al., 2008).

Реперен момент във фациалната характеристика на метаморфитите е установяването на ултрависокобарични коесит съдържащи еклогити (Zidarov et al., 1995) в Огражденския блок, микродиаманти в комплекса Кими – Северна Гърция (Mposkos, Kostopoulos, 2001) и в Чепеларския район – Централни Родопи (Petrik et al., 2015). С тяхното доказване възникнаха редица нови проблеми относно мястото, условията и пространственото развитие на еклогитизацията в скалния ансамбъл, което изисква всестранно и детайлно изясняване на конкретната геоложка обстановка. Появата на НР/УНР метаморфити обаче най-често се интерпретира в аспекта на добилата популярност субдукционно-ексхумационна хипотеза, при която се предполага тектонско проникване на пластини от океанска или континентална литосфера през алпийско време. В геоложката литература се обсъждат различни модели, съсредоточени предимно върху най-слабата страна на хипотезата – механизмите за ексхумация на кристализиралите в предполагаемите подкорови дълбочини (свръх)високобарични метаморфити до средните отдели на кората, изложени в кратък преглед от Янко Герджиков (Герджиков, 2004б).

Бурен напредък бележат изследванията за абсолютната възраст на скалите, основани на отношенията на изотопни компоненти: K-Ar, Rb-Sr, U-Pb, Sm-Nd, Lu-Hf в циркони и монацити. Голяма част от аналитичните работи се извършват в модерни лаборатории в Русия, Швейцария, Германия, Италия, Великобритания, Съединените щати и другаде, с участие на чуждестранни и български специалисти. След 1990 г. се появяват многобройни публикации с резултати за абсолютната възраст на метаморфни скали и гранити от Родопския и Сръбско-Македонския масив от Ирена Пейчева (Пейчева и др., 1992; Пейчева, 1997; Peycheva et al., 2004, 2015 и др.), Албрехт фон Квадт (von Quadt, Peycheva, 1995; von Quadt et al., 2008 и др.), Иван Загорчев (Zagorchev et al., 2011 и др.), отделни статии на Васил Арнаудов, Мария Овчарова, Николай Бонев, Томас Керестеджиян и др. Интерпретацията на данните почти никога не е еднозначна, тъй като се третират древни регионално-метаморфни скали, подлагани

многократно на по-късни вещества и термални събития, свързани с магмената активност и неравномерно наложената пегматит-аплитова метасоматоза, които сумарно нарушават баланса на изотопната система в минералите. Потвърждава се първоначалната теза за полиметаморфното и полидеформационното развитие на кристалина в Южна България, характерен белег за кристалинните ядра, включени в мобилните пояси. Представят се изводи за евентуална връзка между кристалина от Родопския и Сръбско-Македонския масив и Гондвана (Boney et al., 2013; Peytcheva et al., 2015).

Важен момент е установяването на Неопротерозой по изотопни U-Pb методи върху циркони от еклогити в Централните Родопи – 610 Ma (Arcadakskiy et al., 2003) и U-Pb циркони от амфиболити (метагабра) с възраст 572 ± 5 Ma (Carrigan et al., 2003), което дава достатъчно ясна картина за неопротерозойската възраст на базичните протолити от пъстрите свити на Родопската надгрупа.

Заклучение

За сто години изследване на високостепенните метаморфни скали от Южна България българските геолози дадоха ново лице на старите метаморфни комплекси. Много въпроси се решиха, много останаха, появиха се нови.

Литостратиграфското разчленяване не е загубило своето значение. То ще продължи с оглед достигане все по-близо до първичната предметаморфна стратиграфия, чрез стриктно следване на класическите принципи на литостратиграфския подход и сваляне на наложените метаморфни, метасоматични и деформационни изменения от днешните скали до разкриване на лицето на протолитите и провеждане на достоверни корелации. Установяването на точната литостратиграфска последователност ще допринесе за изясняването на вътрешния строеж на кристалина и ще отговори на въпроса за неговото изграждане: единна литостратиграфска постройка или „купчина“ от съчленени тектонски пластини. Известно е, че най-вярната геоложка картина се получава, когато се оставят литостратиграфските единици – петрографски вярно определени, корелирани и точно картирани, сами да очертаят гънковите и дислокационните структури.

Разновъзрастните гранити ще продължават да създават затруднения с термалните и веществените си влияния върху околните гнайси, приближавайки ги към своята геохимична характеристика и възраст. Срещата между контрастните по химизъм пегматити и офиолити създава спек-

тър от метасоматични продукти с разнообразен петрографски състав, причудливи текстури и структури и загадъчен генезис, предизвикателство за всеки петрограф.

Днес изотопната геология е флагманът на изследванията при метаморфните скали. Проблемът с възрастите на метаморфните протолити, гранитните тела в кристалина и метаморфните прояви продължава да бъде остро актуален и обсъждан. Все по-малко стават специалистите, които се съмняват в прекамбрийската възраст на протолитите на високостепенните метаморфни скали и в тяхната полиметаморфна и полидеформационна еволюция, която освен това е протекла неравномерно в отделните райони. Предстоящата нелека задача е констатираните различни абсолютни възрасти да се обвържат с конкретни магмени и тектонски прояви и геоложки събития в различните райони от Родопския масив, Огражденския блок, Средногорската зона, Сакарската област, след което да се престъпи към корелация и по-широки интерпретации. И тук отново е нужна вярна и точна геоложка и литоложка основа. Едва тогава ще могат да се правят обосновани интерпретации за развитието на старите високостепенни метаморфни комплекси по дългия многомилионен път през времето.

Едно от най-големите предизвикателства днес ни поднасят микродиамантите в състава на метаморфните скали като индикатори за свръхвисоки налягания и температури, развили се на неизвестно място в земната кора или мантията. Възниква въпросът: еклогитовите и гранулитовите минерализации локални прояви ли са, или са реликти от широкообхватен предшестваш фазиес? Може ли обаче моделът „субдукция – ексхумация“ да ни даде удовлетворителен отговор, или трябва да търсим други по-логични и теоретично обосновани решения? Традиционната концепция за метаморфните фазиеси, построена в системата температурен градиент спрямо литостатично налягане, обвързани с дълбочината в тектонски спокоен терен, не се ли нуждае от осъвременяване и по-дълбоко осмисляне за ролята на тектонската енергия не само като разрушителен, но и съзидателен фактор, неравномерно стимулиращ метаморфната кристализация.

Българските метаморфисти имат възможности да дадат добри моделни решения на много от проблемите на метаморфните ядра, включени в мобилните пояси. Родопският и Сръбско-Македонският масив са съкровищница на уникални разкрития и редки скали, които са инструптивни примери за сложното синергетично развитие на метаморфните процеси. След 100 години системни теренни и лабораторни изследвания от много поколения геолози, работи-

ли с амбиция и всеотдайност, днес притежаваме достатъчно надеждна геоложка информация за строежа, състава и развитието на високостепенните метаморфни комплекси от Южна България, върху която да се надгражда нова съвременна информация и концепции.

Поколенията идват и си отиват, но всяко оставя своя почерк в историята на познанията.

*Планинските пътеки ще помнят
нашите стъпки,
Скалите наранени – тежкия ни чук.*

Литература

- Антонов, М., В. Желев, С. Приставова, К. Шипкова. 2001. Границата между високометаморфните и нискометаморфните скали в част от Югозападна България: обзор на идеите и предварителни резултати. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 62, 1–3, 77–86.
- Арнаудов, В. 1976. Десилицирани пегматити от Рила планина. – *Год. Соф. унив., Геол.-геогр. ф-т*, 68, 1–геол., 129–147.
- Арнаудов, В., Н. Фъкев. 1978. Десилицирани хибридни пегматити от Яковичкия ултрабазичен масив. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 39, 3, 291–297.
- Арнаудов, В., Б. Амов, М. Павлова. 1969. Върху абсолютната геоложка възраст на някои пегматити от Южна България. – *Изв. Геол. инст., Сер. Геохим., минер., петрогр.*, 18, 19–27.
- Базылев, Б. А., Г. С. Закариадзе, М. Д. Желязкова-Панайотова, К. Колчева, Р. Э. Оберханели, Н. В. Соловьева. 1999. Петрология ултрабазитов из офиолитовой асоциации кристаллического основания Родопского массива. – *Петрология*, 7, 2, 191–212.
- Белев, С. 1960. Данни за стратиграфията на диабаз-филитоидната формация в Югозападна България. – *Год. МГИ*, 6, 2–геол., 159–180.
- Богданов, Б. 1960. Геоложки строеж и структура на Маданския руден район. – *Год. МГИ*, 6, 2–геол., 3–43.
- Бончев, Г. 1915. Кристалинните шисти в България. – *Год. Соф. унив., II. Физ.-мат. ф-т*, 10–11, 1–127.
- Бончев, Е. 1946. Основи на тектониката на България. – *Год. Дир. геол. и минни проучв.*, 4, 336–379.
- Бончев, Е. 1971. *Проблеми на българската геотектоника*. София, Техника, 203 с.
- Борисов, И. 1960. Към проблемите на гранитизацията в Ю. България. – *Год. Соф. унив., Биол.-геол.-геогр. ф-т*, 53, 2–геол., 143–197.
- Бояджиев, С. 1959. Върху геологията на Пирин планина. – *Год. Упр. геол. проучв.*, 10, 1–44.
- Бояджиев, С. 1962. Метаморфните скали в Западните Родопи. – *Приноси Геол. Бълг.*, 1, 149–177.
- Бояджиев, С. 1963. По въпроса за възрастта на южнобългарските гранити. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 24, 2, 155–163.
- Бояджиев, С. 1964. Върху взаимоотношенията на висококристалинния цокъл и диабаз-филитоидната формация. – В: *Сб. в чест на Й. Йовчев*. София, Техника, 263–275.
- Бояджиев, С., В. Иванова-Панайотова. 1966. Петроложка характеристика на граничната зона между диабаз-филитоидната формация и кристалинния цокъл. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 27, 3, 249–256.
- Бояджиев, С., П. Лилов. 1971. Върху данните за гранитите от Пиринския хорст-антиклинорий, получени по К-Аг метод. – *Год. ДСО „Геол. проучвания“*, 20, 219–226.
- Бояджиев, С., П. Лилов. 1976. Върху данните, получени по К-Аг метод за Южнобългарските гранитоиди от Западнородопския блок и Краищидите. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 37, 2, 161–169.
- Боянов, И. 1968. Неподелен архай. – В: Цанков, В. (Ред.). *Стратиграфия на България*. София, Наука и изкуство, 21–22.
- Боянов, И., Д. Кожухаров. 1961. Нова метаморфна задруга от северните склонове на Родопите между селата Марково и Тополово, Пловдивско. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 22, 1, 75–79.
- Боянов, И., Д. Кожухаров. 1968. Строение и блоково разчленение Родопского массива. – *Изв. Геол. инст., Сер. Геотект., стратигр., литол.*, 17, 199–226.
- Боянов, И., Б. Маврудчиев, И. Вапцаров. 1963. Върху структурно-формационните особености на част от Източните Родопи. – *Изв. Геол. инст.*, 12, 125–186.
- Боянов, И., Д. Кожухаров, С. Савов. 1965. Геоложки строеж на южния склон на Сакар планина между селата Радовец и Костур. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 26, 2, 121–134.
- Боянов, И., Е. Кожухарова, Д. Кожухаров. 1969. Взаимотношения между докамбийския висококристалинен цокъл и диабаз-филитоидната формация в Източните Родопи. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 30, 2, 113–122.
- Василев, Е. 2000. *Геоложки строеж на част от Централна Странджа планина*. Автореферат докторска дисертация. София, Геол. инст. БАН, 46 с.
- Вергилов, В. 1960. Петроложки изследвания на кристалинните шисти от северните склонове на Централните и Западните Родопи. – *Изв. Геол. инст.*, 8, 223–269.
- 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.
- Вълков, В., Н. Антова, К. Дончева. 1989. Гранитоиди Рило-Западно-Родопского батолита. – *Geologica Balc.*, 19, 2, 21–54.
- Герджиков, Я. 2004а. Алпийски (свръх)високобаричен метаморфизъм в Родопите – обща характеристика и геодинамични последиствия. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 65, 1–3, 115–123.
- Герджиков, Я. 2004б. Високобарични метаморфни комплекси в орогенните постройки. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 65, 1–3, 181–185.
- Дабовски, Х. 1968. Формация на южнобългарските гранитоиди. – В: Цанков, В. (Ред.). *Стратиграфия на България*. София, Наука и изкуство, 121–134.
- Дабовски, Х., И. Загорчев, М. Русева, Д. Чунев. 1972. Палеозойски гранитоиди в Същинска Средна гора. – *Год. Гл. управл. геол. проучв.*, 16, 57–92.
- Димитров, С. 1934. Геоложки и петрографски изучавания в югоизточните отдели на Витоша и северните отдели на Плана планина, с особен оглед на контактните зони около интрузивните скали. – *Год. Соф. унив., Физ.-мат. ф-т*, 30, 3–ест. история, 41–130.
- Димитров, С. 1938. Постижения и задачи на петрографските изучавания у нас. – *Год. Соф. унив., Физ.-мат. ф-т*, 35, 3–ест. история, 225–253.

- Димитров, С. 1946. Метаморфните и магматичните скали в България. – *Год. Дир. геол. и минни проучв.*, 4, 61–93.
- Димитров, С. 1955. Состояние и очередные задачи изучения магматических и метаморфических комплексов Болгарии. – *Изв. АН СССР, Сер. геол.*, 1, 5–15.
- Димитрова, Е. 1960. Петрология на кристалинния цокъл в Северозападна Рила планина. – *Тр. геол. Бълг., Сер. Геохим. и пол. изкоп.*, 1, 199–257.
- Димитрова, Е. 1964. Петрология на кристалинния цокъл на Осоговската планина. – *Изв. Геол. инст., Сер. Геохим., минер., петрогр.*, 13, 99–110.
- Димитрова, Е. 1971. Петрология на кристалинния цокъл на Пирин планина. – *Изв. Геол. инст., Сер. Геохим., минер., петрогр.*, 20, 181–217;
- Димитрова, Е., Х. Белмуस्ताкова. 1982. Реликты эклогитов в комплексе кристаллических сланцев Ихтиманской Средна-Горы. – *Geologica Balc.*, 12, 1, 115–120.
- Ермолаев, Б., Р. Арнаутова, Е. Димитрова. 1977. Строение и развитие кристаллического цоколя Рилы. – *Geologica Balc.*, 7, 3, 87–102.
- Желязкова-Панайотова, М. 1960. Голямокаменянската група ултрабазитови масиви и тяхната хромитоносност. – *Год. Соф. унив., Биол.-геол.-геогр. ф-т*, 53, 2–геол., 59–142.
- Желязкова-Панайотова, М. 1989. Серпентинизирани ултрабазити. – В: Трашлиев, С. (Ред.). *Неметални полезни изкопаеми в България. II. Ендогенни промишлени минерали и скали*. София, Техника, 7–41.
- Желязкова-Панайотова, М., Т. Иванов. 1966. Ултрабазити Балканского полуострова с детальным обзором ултрабазитов Вардарской зоны и НРБ. – В: *Referati VII sovetoovania Savesa geol. drust. Jugoslavije, deo II*, 73–109.
- Желязкова-Панайотова, М., З. Илиев, С. Петрусенко. 1972. Нови данни върху геологията на Седемте Рилски езера. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 33, 2, 133–152.
- Желязкова-Панайотова, М., К. Колчева, Л. Ивчинова. 1977. Изучения ултрабазитов Болгарии с помощью математических методов. I. Ултрабазитовый магматизм в Болгарии. – *Geologica Balc.*, 7, 3, 49–66.
- Желязкова-Панайотова, М., К. Колчева, С. Бояджиев, Л. Ивчинова, В. Вычев, П. Петров. 1978. Изучения ултрабазитов Болгарии с помощью математических методов. III. Петрохимическая характеристика. – *Geologica Balc.*, 8, 3, 9–24.
- Желязкова-Панайотова, М., К. Колчева, С. Карамата, В. Майер, Н. Скарпелис. 1981. Ултрабазиты Балканского полуострова и их рудоносность. – В: *Материалы XXVII Мирового геологического конгресса, Москва*, 9, 85–93.
- Желязкова-Панайотова, М., З. Цинцов, Г. Павлов. 2000. Хидротермални златни минерализации в ултрабазити край с. Добромирци, Кърджалийско. – *Год. Соф. унив., Геол.-геогр. ф-т*, 93, 1–геол., 173–186.
- Загорчев, И. 1976. Строеж на амфиболитовата серия във Влахинския блок (Югозападна България). – *Геотект., геофиз., геодинам.*, 5, 29–56.
- Загорчев, И. 1981. Белевская коническая синформа (Пирин, ЮЗ Болгария): геометрические особенности и развитие. – *Geologica Balc.*, 11, 3, 23–45.
- Загорчев, И. 1984. Доалпийски строеж на Югозападна България. – В: Загорчев, И., С. Мънков, И. Божков (Ред.). *Проблеми на геологията на Югозападна България*. София, Техника, 9–20.
- Загорчев, И. 1987. Стратиграфия Диабаз-филитоидного комплекса в Юго-Западной Болгарии. – *Geologica Balc.*, 17, 3, 3–14.
- Загорчев, И. 1989. Тросковская амфиболитовая группа (Огражденская надгруппа, докембрий) во Влахина-планине, ЮЗ Болгария. – *Докл. БАН*, 42, 1, 67–70.
- Загорчев, И. 2001. Екстензионни неозойски процеси и структури в България и Източното Средиземноморие. – *Сп. БАН*, 3, 27–37.
- Загорчев, И., Х. Дабовски, Д. Чунев. 1973. Върху тектониката на западните части от Средногорския кристалинен блок (Същинска Средна гора). – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 34, 1, 1–10.
- Загорчев, И., П. Лилов, С. Мурбат. 1989. Результаты Rb-Sr и K-Ar радиогеохронологических исследований метаморфических и магматических пород Южной Болгарии. – *Geologica Balc.*, 19, 1, 3–50.
- Закариадзе, Г. С., Ш. А. Адамия, К. Колчева, М. Д. Желязкова-Панайотова, Л. В. Данюшевский, В. С. Соловьева, Г. М. Колесов, Д. М. Минин. 1993. Геохимия метабазитовых серий доальпийских офиолитов Восточного Средиземноморья (Закавказский и Родопский массивы). – *Петрология*, 1, 1, 29–50.
- Зидаров, Н., И. Загорчев, И. Славов, Й. Шабатов, С. Недялкова, В. Топракчиева, Л. Кацева, Й. Воденичаров, Я. Герчева, А. Симеонов. 1971. Бележки върху метаморфните скали в Пирин. – *Год. ДСО „Геол. проучвания“*, 20, 261–275.
- Златарски, Г. 1884. Петрографски изследвания върху еруптивните и метаморфните скали в България. – *Период. Сп. Бълг. книж. д-во*, 9, 74–95.
- 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 Родоп. I. Литостратиграфическое расчленение метаморфических комплексов. – *Geologica Balc.*, 14, 1, 3–42.
- Иванов, Ж., К. Колчева, С. Московски, Д. Димов. 1987. За особеностите и характера на „диабазово-филитоидната формация“. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 48, 2, 1–24.
- Иванов, Ж., Я. Герджиков, А. Кунов. 2001. Нови данни и съображения за структурата и тектонската еволюция на Сакарската област, ЮИ България. – *Год. Соф. унив., Геол.-геогр. ф-т*, 94, 1–геол., 35–80.
- Иванов, И. М. 1970. Пространствени и генетични взаимоотношения на пегматитите с гранитите в района на Копривница и Стрелча, Средна гора. – *Изв. Геол. инст., Сер. Геохим., минер., петрогр.*, 19, 35–59.
- Иванов, Р. 1961. Стратиграфия и структура на кристалина в Източните Родопи. – *Тр. геол. Бълг., Сер. Геохим. и пол. изкоп.*, 2, 69–119.
- Йорданов, Н., В. Вергилов, М. Павлова. 1962. Геологична възраст на кристалинния комплекс и на гранитоидите в Южна България, определена по аргоновия метод. – *Изв. Геол. инст.*, 11, 33–39.
- Каменов, Б. 1976. Петрология на Железковския плутон. – *Год. Соф. унив., Геол.-геогр. ф-т*, 67, 1–геол., 179–212.
- Каменов, Б., В. Вергилов, И. Генов, А. Андреев, С. Савов, И. Вергилов, Х. Дабовски. 1986. Геоложки строеж и петрографски особености на Лесовския ортометаморфен комплекс. – В: *Странджанско-Сакарски сборник*, 4, 8, 336–345.
- Кацков, Н., В. Вълков, И. Славов. 1977. Стратиграфия на метаморфния комплекс в Западните Родопи. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 38, 1, 27–41.

- Кожухаров, Д. 1968. *Стратиграфия на докамбийските метаморфни комплекси в Централните Родопи*. Автореферат докторска дисертация, Соф. унив., 14 с.
- Кожухаров, Д. 1984. Литостратиграфия докембрийских метаморфических пород Родопской супергруппы в Централных Родопах. – *Geologica Balc.*, 14, 1, 43–88.
- Кожухаров, Д. 1987. Литостратиграфия и строения докембрия в ядре Белоречкого поднятия в Восточных Родопах. – *Geologica Balc.*, 17, 2, 15–38.
- Кожухаров, Д. 1991. Константиновская метаконгломератовая свита в Сакар-Планине и Марицкой зоне между Симеоновградом и Димитровградом, Хасковская область. – *Geologica Balc.*, 21, 4, 73–81.
- Кожухаров, Д., Б. Тимофеев. 1979. Первые находки микрофитофоссилий в докембрий Родопского массива. – *Докл. БАН*, 32, 12, 1691–1694.
- Кожухаров, Д., Е. Кожухарова, С. Христов. 1980. Докамбрият от северните отдели на Плана планина и Вакарелския рид. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 16, 3, 211–222.
- Кожухарова, Е. 1972. Докамбийски метаморфозирани базични вулканити от Централните Родопи. – *Изв. Геол. инст., Сер. Геохим., минер., петрогр.*, 21, 147–165.
- Кожухарова, Е. 1984а. Происхождение и структурное положение серпентинизированных ультрабазитов докембрийской офиолитовой ассоциации в Родопского массиве. I. Геологическое положение и состав офиолитовой ассоциации. – *Geologica Balc.*, 14, 4, 9–36.
- Кожухарова, Е. 1984б. Происхождение и структурное положение серпентинизированных ультрабазитов докембрийской офиолитовой ассоциации в Родопского массиве. II. Метаморфические изменения ультрабазитов. – *Geologica Balc.*, 14, 6, 3–35.
- Кожухарова, Е., Д. Кожухаров. 1962. Изследования върху скалите и строежа на Севернородопската антиклинала в Асеновградско. – *Изв. Геол. инст.*, 11, 125–162.
- Колчева, К., М. Желязкова-Панайотова, Ж. Иванов. 1984а. Петрология метаморфизованных ультрабазитов Забырденского района (Централные Родопи, Болгария). – *Mineralogia Slovak.*, 16, 1, 61–71.
- Колчева, К., М. Желязкова-Панайотова, Н. Л. Добрецов. 1984б. Фрагменты древней офиолитовой ассоциации в районе г. Ардино (Централные Родопы, Болгарии). – *Докл. БАН*, 37, 2, 187–190.
- Колчева, К., М. Желязкова-Панайотова, Н. Л. Добрецов, В. Стоянова. 1986. Эклогиты в Централнородопской метаморфической группе и их ретроградный метаморфизм. – *Геохим., минер., петрол.*, 20–21, 130–144.
- Кориковский, С., Г. Закариадзе, К. Колчева, М. Желязкова-Панайотова. 1998. Катафоритовые эклогиты Маданской тектонической пластины кристаллического основания Восточных Родоп. – *Доклады РАН*, 359, 6, 793–797.
- Костов, И. 1939. Върху орита от мигматичните пегматити около с. Михалково (Централни Родопи). – *Год. Соф. унив., Физ.-мат. ф-т*, 36, 3–ест. история, 187–194.
- Костов, И. 1954. Андалузит от пегматити в Ардинско, Централните Родопи. – *Год. Соф. унив., Биол.-геол.-геогр. ф-т*, 48, 2–геол., 1–22.
- Костов, И. 1956. Върху кордиеритовите псевдоморфози. – *Год. Соф. унив., Биол.-геол.-геогр. ф-т*, 49, 2–геол., 2–18.
- Костов, И. 1965. Алпийски тип минерализации в гнайсите на Централните Родопи. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 24, 3, 271–278.
- Костов, И., И. Иванов, С. Петрусенко. 1962. Дистеновото находище при с. Чепеларе, Смолянски район. – *Тр. геол. Бълг., Сер. Геохим. и пол. изкоп.*, 3, 63–92.
- Костов, И., Л. Грозданов, С. Петрусенко, М. Кръстева, Д. Рашкова. 1986. Син- и полиметаморфни минерализации в Централните Родопи. – *Геохим., минер., петрол.*, 20–21, 25–48.
- Коюмджиева, Е., Т. Николов, И. Сапунов, Я. Тенчов, Д. Тронков, Х. Хрисчев, Х. Чемберски, П. Чумаченко. 1982. Стратиграфски кодекс на България (литостратиграфски единици). – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 43, 3, 286–310.
- Лилов, П., И. Загорчев, И. Пеева. 1983. Рубидиево-стронциевые изохронные данные о возрасте метаморфизма Огражденского комплекса горы Малешевской. – *Geologica Balc.*, 13, 2, 31–40.
- Манев, Д., П. Игнатовски. 1981. Структура на Ермореченския участък на Маданското рудно поле. – *Рудообр. процеси и минер. находища*, 14–15, 76–88.
- Ненова, П., И. Маринова. 2007. Нови данни за серпентинизираното ултрамафично тяло при с. Камена, Беласица планина, ЮЗ България. – *Сб. резюмета нац. конф. „ГЕОНАУКИ 2007“*. София, Бълг. геол. д-во, 99–100.
- Николаев, Г. 1958. Геология на околностите на селата Бенковски и Дрангово, Момчилградско. – *Год. МГИ*, 4, 2–геол., 25–54.
- Паяков, И., М. Желязкова-Панайотова, Л. Ивчинова. 1963. Структурно-текстурни особености и минерален състав на хромитовите руди от месторождение Добромирци. – *Год. Соф. унив., Биол.-геол.-геогр. ф-т*, 56, 2–геол., 219–251.
- Пейчева, И. 1997. Алпийският метаморфизъм в Източните Родопи – Rb-Sr изотопни данни. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 58, 3, 157–165.
- Пейчева, И., Е. Бибицова, В. Макаров. 1992. U-Pb датирование цирконов двух типов гнейсов Юго-Восточных Родоп Болгарии. – *Докл. БАН*, 45, 8, 65–68.
- Петрусенко, С., В. Арнаудов, И. Костов. 1966. Смарагдов пегматит от Урдините езера, Рила планина. – *Год. Соф. унив., Геол.-геогр. ф-т*, 60, 1–геол., 247–268.
- Петрусенко, С., В. Арнаудов, И. Костов. 1971. Сравнително изследване на берилите в България. – *Изв. Геол. инст., Сер. Геохим., минер., петрогр.*, 20, 45–68.
- Петрусенко, С., М. Петрова, В. Енчев. 2005. Първа находка на александрит в България. – *Минно дело и геология*, 10, 35–37.
- Приставова, С. 1996. Метаморфозирани базични магматити от източната периферия на Мадан-Давидковската структура. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 57, 1, 9–20.
- Савов, С. 1993. Докамбий. – В: Дабовски, Х. (Ред.). *Обяснителна записка към Геоложка карта на България, М 1:100 000, к. л. Едирне*. София, Геол. и-т БАН, Геология и геофизика, 45 с.
- 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.
- Стоянов, И. 1907. Нови серпентинитови находища в България. – *Период. спис. Бълг. книж. д-во*, 6, 695–732.
- Титоренкова, Р., Л. Мачева. 2005. Морфоложки, текстурни и химични характеристики на циркон от меланократни микрогрануларни включения в метагранити (Огражден планина, Сръбско-Македонски масив, ЮЗ България). – В: *Резюмета на докладите от Юбилейна научна конференция „80 години Българско геологическо дружество“*. София, Бълг. геол. д-во, 150–153.
- Топракчиева, В. 1964. Петрохимична характеристика на базичните интрузии около селата Ахряне и Делиасановци, Смолянско. – *Год. Гл. управл. геол.*, 14, 81–93.
- Хайдутов, И. 1991. *Произход и еволюция на докамбийския Балкано-Карпатски офиолитов сегмент*. София, Изд. БАН, 179 с.

- Чернева, З., Л. Даиева. 1986. Редкоземельные элементы в биотитовых гнейсах Центральных Родоп. – *Geologica Balc.*, 16, 3, 57–75.
- Чернева, З., Е. Станчева, Л. Таджер. 1987. Геохимия мигматизированных ортогнейсов из северных склонов Широколыкской реки в Центральных Родопах. – *Geologica Balc.*, 17, 5, 41–63.
- Чернева, З., К. Колчева, Р. Арnaudова. 1998. Петролого-геохимична характеристика на метагранити от Северозападна Рила. – *Геохим., минер., петрол.*, 33, 73–89.
- Янишевски, А. 1937. Принос към геологията на Чепеларската и Лакавишката рудоносни области в Средните Родопи. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 9, 57–93.
- Янишевски, А. 1946. Кратко изложение върху геологията на Странджа планина. – *Год. Дир. геол. и минни проуч.*, 4, 380–388.
- Янишевски, А. 1947. К вопросу о возрасте кристаллических сланцев и изверженных пород Южной Болгарии и основные черты ее геологическое строение. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 18, 1, 15–19.
- Яранов, Д. 1943. Геология на средишните дялове на Западните Родопи. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 14, 2, 125–158.
- Яранов, Д. 1956. Проучване върху терциерната и кватернерната тектоника на Средните Родопи. – *Изв. Геол. инст.*, 4, 77–130.
- Яранов, Д. 1960. *Тектоника на България*. София, Техника, 282 с.
- Arcadakskiy, 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. – *Geol. Soc. Am. Ann. Meet. Vancouver 2003*, GS3-62.
- Arnaudov, V. 1975. Pegmatite types of various ages from the northwestern part of the Rhodope Massif. – *Geologica Balc.*, 5, 4, 59–72.
- Arnaudov, V., B. Amov, Z. Cherneva, R. Arnaudova, M. Pavlova, E. Bartnitsky. 1990. Petrological-geochemical and lead-isotope evidence of Alpine metamorphism in the Rhodope crystalline complex. – *Geologica Balc.*, 20, 5, 29–44.
- Bonev, K. 1995. Dénudation tectonique au toit du noyau métamorphique rhodopien-macédonien : la faille normale ductile de Gabrov Dol (Bulgarie). – *Bull. Soc. géol. Fr.*, 166, 1, 49–58.
- 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.*, 95, 318–340.
- Bonev, N., M. Ovcharova-Schaltegger, R. Moritz, P. Marchev, A. Ulianov. 2013. Peri-Gondwanan Ordovician crustal fragments in the high-grade basement of the Eastern Rhodope Massif, Bulgaria: evidence from U-Pb La-ICP-MS zircon geochronology and geochemistry. – *Geodinam. Acta*; <http://dx.doi.org/10.1080/09853111.2013.858942>.
- Burchfiel, B. C., R. Nakov, T. Tzankov, L. H. Royden. 2000. Cenozoic extension in Bulgaria and northern Greece: the northern part of the Aegean extension regime. – In: *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. Geological Society London, Special Publication*, 173, 325–352.
- Burg, J.-P. 2012. Rhodope: From Mesozoic convergence to Cenozoic extension. Review of petro-structural data in the geochronological frame. – *J. Virtual Explorer*, 39, 1, 1–44.
- 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. – *J. Czech Geol. Soc. Abstracts. Intern. Conf. "Geology without frontiers: Magmatic and metamorphic evolution of Central European Variscides"*, 48, 1–2, 32–33.
- Cvijić, J. 1901. Die tektonischen Vorgänge in der Rhodopemasse. – *Sitz. Kaiser. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturw. Kl.*, 60, 1, 409–432.
- Dabovski, C. 1988. Precambrian in the Srednogorie zone (Bulgaria). – In: Zoubek, V. (Ed.). *Precambrian in Younger Fold Belts: European Variscides, the Carpathians and Balkans (International Geological Correlation Programme)*. Chichester, John Wiley & Sons, 842–847.
- Dabovski, C., I. Zagorchev, M. Ruseva, D. Tchounev. 1965. Granitoid plutons in Real Sredna Gora Mountain. – In: *Reports VII Congr. CBGA, Beograd*, 3, 89–92.
- Dabovski, C., I. Boyanov, Kh. Khrishev, T. Nikolov, I. Sapunov, Y. Yanev, I. Zagorchev. 2002. Structure and Alpine evolution of Bulgaria. – *Geologica Balc.*, 32, 2–4, 9–15.
- Daieva, L., S. Pristavova. 1998. New data on the geochemistry of metabasic rocks from the eastern marginal part of the Madan-Davidkovo structure, Central Rhodope. – *Geochem., Miner., Petrol.*, 35, 47–54.
- Dimitrov, S. 1959. Kurze Übersicht der metamorphen Komplexe in Bulgarien. – *Freiberger Forschungshfte, R. C.*, 57, 62–72.
- Dobretsov, N. L. 1991. Blueschists and eclogites: a possible plate tectonic mechanism for their emplacement from the upper mantle. – *Tectonophys.*, 186, 253–268.
- Gaggero, L., L. Buzzi, I. Haydoutov, L. Cortesogno. 2008. Eclogite relics in the Variscan orogenic belts of Bulgaria (SE Europe). – *Int. J. Earth Sci.*, 98, 1863–1877.
- Georgiev, N., J. Pleuger, N. Froizheim, S. Sarov, J.-A. Silke, J. N. Thorstein. 2010. Separate Eocene–early Oligocene and Miocene stages of extension and core complex formation in the Western Rhodopes, Mesta Basin, and Pirin Mountains (Bulgaria). – *Tectonophys.*, 487, 59–84.
- Georgieva, M., Z. Cherneva, K. Kolcheva, S. Sarov, Y. Gerdjikov, E. Voynova. 2002. P-T metamorphic path of sillimanite-bearing schists in an extensional shear zone, Central Rhodopes, Bulgaria. – *Geoch., Miner., Petrol.*, 39, 95–106.
- Gonzalez-Jimenez, J. M., W. L. Griffin, F. Gervilla, T. N. Kerestevian, S. Y. O'Reilly, J. A. Poesza, N. J. Pearson, I. Sergeeva. 2012. Metamorphism disturbs the Re-Os signatures of platinum-group minerals in ophiolite chromitites. – *Geology*; DOI: 10.1130/G33064.
- Graf, J. 2001. *Alpine Tectonics in Western Bulgaria: Cretaceous Compression of the Kraiste Region and Cenozoic Exhumation of the Crystalline Osogovo-Lisec Complex*. PhD Thesis № 14238, Zürich, ETH, 197 p.
- Haydoutov, I. 1989. Precambrian ophiolites, Cambrian island arc, and Variscan suture in the South Carpathian-Balkan region. – *Geology*, 17, 905–908.
- Ivanov, R. 1965. Über Grundgebirgsbau und seinen Einfluss auf Petrochemie und Verteilung des Jungvulkanismus im Zentralmassiv der Rhodopen. – *Freiberger Forschungshefte, H. C.*, 190, 7–48.
- Ivanov, R. 1981. The deep-seated Central Rhodope Nappe and the interference tectonics of the Rhodope crystalline basement. – *Geologica Balc.*, 11, 4, 47–66.

- Ivanov, Ž. 1988. Aperçu général sur l'évolution géologique et structurale du massif des Rhodopes dans le cadre des Balkanides. – *Bull. Soc. géol. Fr.*, 8, 4, 227–240.
- Jahn-Awe, S., J. Pleuger, D. Frei, N. Georgiev, N. Froitzheim, T. J. Nagel. 2012. Time constraints for low-angle shear zones in the Central Rhodopes (Bulgaria) and their significance for the exhumation of high-pressure rocks. – *Int. J. Earth Sci.*, 101, 1971–2004.
- Janak, M., N. Froitzheim, N. Georgiev, T. J. Nagel, S. Sarov. 2011. P-T evolution of kyanite eclogite from the Pirin Mountains (SW Bulgaria): implications for the Rhodope UHP Metamorphic Complex. – *J. Metamorph. Geol.*, 29, 317–332.
- Jaranoff, D. 1938. La géologie du massif des Rhodopes et son importance à propos de la tectonique de la péninsule Balkanique – *Rev. de géogr. phys. et de géol. dynam.*, 11, 2, 131–143.
- Kirchenbaur, M., J. Pleuger, S. Jahn-Awe, T. J. Nagel, N. Froitzheim, R. O. C. Fonseca, C. Munker. 2012. Timing of high-pressure metamorphic events in the Bulgarian Rhodopes from Lu-Hf garnet geochronology. – *Contrib. Mineral. and Petrol.*, 163, 897–921.
- Kossmat, F. 1924. Geologie der zentralen Balkanhalbinsel. – In: Wiser, J. (Ed.). *Die Kriegsschauplätze 1914–1918 geologisch dargestellt*. Berlin, Gebrüder Borntraeger, 1–198.
- Kozhoukharov, D. 1988. Precambrian in the Rhodope massif. Lithostratigraphy. – In: Zoubek, V. (Ed.) *Precambrian in Younger Fold Belts: European Variscides, the Carpathians and Balkans (International Geological Correlation Programme)*. Chichester, John Wiley & Sons, 726–746.
- Kozhoukharova, E. 1980. Eclogites in the Precambrian from the Eastern Rhodope block. – *C. R. Acad. Bulg. Sci.*, 33, 3, 375–378.
- Kozhoukharova, E. 1996. Eclogitized layered serpentinites in the East Rhodope block. – *C. R. Acad. Bulg. Sci.*, 49, 6, 69–71.
- Kozhoukharova, E. 1999. Metasomatic gabbroids – markers in the tectono-metamorphic evolution of the Eastern Rhodopes. – *Geologica Balc.*, 29, 1–2, 89–109.
- Kozhoukharova, E. 2008. Reconstruction of the primary stratigraphy and correlation of the Precambrian metamorphic complexes in the Rhodope massif. – *Geologica Balc.*, 37, 1–2, 1–32.
- Kozhoukharova, E., M. Ichev, S. Pristavova. 1993. Eclogites in the Precambrian of Verila Mountain. – *C. R. Acad. Bulg. Sci.*, 46, 11, 69–72.
- Liati, A. 1988. Amphibolitized eclogites in the Rhodope Crystalline Complex, near Xanthi (N. Greece). – *N. Jb. Miner., H. 1*, 1–8.
- Machev, Ph., Th. Kenkmann, 2001. Orthogneisses from the Vlahina Mountain (SW Bulgaria): petrographical and microstructural studies. – *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, 62, 1–3, 65–76.
- Machev, Ph., B. Borisova, L. Hecht. 2006. Metaeclogites from the Sredna Gora terrain – petrological features and P-T path of evolution. – *Proceedings of the National Conference “GEOSCIENCES 2006”*. Sofia, Bulg. Geol. Soc., 185–188.
- Macheva, L., I. Peycheva, A. von Quadt, N. Zidarov, E. Tarassova. 2006. Petrological, geochemical and isotope features of Losen metagranite, Belasitza Mountain – evidence for widespread distribution of Ordovician metagranitoids in the Serbo-Macedonian Massif, SW Bulgaria. – *Proceedings of the National Conference “GEOSCIENCES 2006”*. Sofia, Bulg. Geol. Soc., 209–212.
- Mposkos, E., D., D. K. Kostopoulos. 2001. Diamond, former coesite and supersilicic garnet in metasedimentary rocks from the Greek Rhodope: a new ultrahighpressure metamorphic province established. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, 192, 497–506.
- Nenova, P., N. Zidarov. 2008. Eclogites from Maleshevska Mountain, SW Bulgaria. – In: *80th Anniversary of Geology*. Sofia Univ., Publ. House “St. Kl. Ohridski”, 109–114.
- Petrascheck, W. 1931. Die Erzlagerstätten des Rhodope und Strandscha-Gebirges im Südöstlichen Bulgarien. – *Berg- und Huttenman. Jb.*, 79, 125–142.
- Petrik, L., M. Janak, N. Froitzheim, N. Georgiev, K. Yoshida, V. Sasinkova, P. Konecny, S. Milovska. 2016. Triassic to Early Jurassic (c. 200 Ma) UHP metamorphism in the Central Rhodopes: evidence from U-Pb-Th dating of monazite in diamond-bearing gneiss from Chepelare (Bulgaria). – *Metamorph. Geol.*; DOI: 10.1111/jmg.12181.
- Peytcheva, I., A. von Quadt, M. Ovcharova, R. Handler, F. Neubauer, E. Salnikova, Y. Kostitsin, S. Sarov, K. Kolcheva. 2004. Metagranitoids from the eastern part of the Central Rhodopean Dome (Bulgaria): U-Pb, Rb-Sr and ⁴⁰Ar-³⁹Ar timing of emplacement and exhumation and isotope-geochemical features. – *Mineral. and Petrol.*, 82, 1–31.
- Peytcheva, I., L. Macheva, A. von Quadt, N. Zidarov. 2015. Gondvana-derived units in Ograzhden and Belasitza Mountains, Serbo-Macedonian Massif (SW Bulgaria): combined geochemical, petrological and U-Pb zircon-xenotime age constraints. – *Geologica Balc.*, 44, 1–3, 51–84.
- Pristavova, S., M. Ichev, M. Komsalova. 2007. Garnet-kyanite schists from the Ograzhden Mountain, SW Bulgaria. – *Geochem., Miner., Petrol.*, 45, 97–108.
- Ricou, L.-E. 1994. Tethys reconstructed – Plates, continental fragments and their boundaries since 260 Ma from Central America to south-eastern Asia. – *Geodinam. Acta*, 7, 4, 169–218.
- Sokoutis, D., J.-P. Brun, J. van den Driessche, S. Pavlides. 1993. A major Oligo-Miocene detachment in Southern Rhodope controlling North Aegean extension. – *J. Geol. Soc. London*, 150, 243–246.
- Tarkian, M., E. Naidenova, M. Zhelyaskova-Panayotova. 1991. Platinum-group minerals in chromites from the Eastern Rhodope ultramafic complex, Bulgaria. – *Miner. and Petrol.*, 44, 73–87.
- 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.
- Tzankova, N., S. Pristavova. 2007. Metamorphic evolution of the garnet-bearing schists from Sakar Mountain, southeastern Bulgaria. – *C. R. Acad. Bulg. Sci.*, 60, 3, 271–278.
- von Quadt, A., I. Peycheva. 1995. U-Pb zircon ages of metagranites from the Byala Reka region – evidences for a Variscan orogen in the Rhodope massif. – *Terra Nostra*, 7, 103–105.
- von Quadt, A., I. Peycheva, S. Sarov, K. Naydenov, N. Georgiev. 2008. Metamorphic rocks from Dospat area of Western Rhodopes – conventional and *in situ* U-Pb zircon dating isotope tracing and correlations. – *Proceedings of the National Conference “GEOSCIENCES 2008”*. Sofia, Bulg. Geol. Soc., 33–34.
- Zagorčev, I. 1976. Tectonic, metamorphic and magmatic markers in the polycyclic ultrametamorphic Ograzdenian complex. – *Geologica Balc.*, 6, 2, 17–33.
- Zagortchev, I. 1994. Alpine evolution of the Pre-Alpine amphibolite facies basement in South Bulgaria. – *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, 86, 9–21.
- Zagortchev, I. 2001. Geology of SW Bulgaria: an overview. – *Geologica Balc.*, 21, 1–2, 3–52.

- Zagorchev, I. 2008. Amphibolite-facies metamorphic complexes in Bulgaria and Precambrian geodynamics: controversies and "state of the art". – *Geologica Balc.*, 37, 1–2, 33–46.
- Zagorchev, I., C. Balica, I. Balintoni, E. Kozhoukharova, G. Sabau, R. Dimitrescu, E. Negulescu. 2011. New isotopic data on the Cadomian age of the Frolosh metamorphic complex and the Struma diorite complex. – *Proceedings of the National Conference "GEOSCIENCES 2011"*. Sofia, Bulg. Geol. Soc., 77–78.
- Zhelyaskova-Panayotova, M., M. Economou-Eliopoulos. 1994. Platinum group elements (PGE) and gold concentration in oxide and sulfide mineralizations from ultramafic rocks of Bulgaria. – *Ann. Univ. de Sofia, Géol.-géogr. fac.*, 86, 1–géol., 196–218.
- Zidarov, N., P. Nenova, V. Dimov. 1995. Coesite in kyanite eclogite of Ograzden Mts, SW Bulgaria. – *C. R. Acad. Bulg. Sci.*, 48, 11–12, 59–62.
- Zidarov, N., E. Tarasova, I. Peycheva, A. von Quadt, V. Andreichev, R. Titorenkova. 2007. Petrology, geochemistry and age of Skrut granitoids – new evidence for Early Triassic magmatism in Belasitsa Mountain (SW Bulgaria). – *Geologica Balc.*, 36, 1–2, 17–29.
- Zidarov, N., V. Andreichev, E. Tarasova. 2009. Rb-SR isotope dating of Yavonitsa quartz-diorite from Belasitsa Mountain, SW Bulgaria. – *C. R. Acad. Bulg. Sci.*, 62, 6, 753–760.
- Zoubek, V. (Ed.). 1988. *Precambrian in Younger Fold Belts: European Variscides, the Carpathians and Balkans (International Geological Correlation Programme)*. Chichester, J. Wiley & Sons, 885 p.

Постъпила на 8.01.2018 г., приета за печат на 15.02.2019 г.
Отговорен редактор Йоцо Янев

Приложение

Стратиграфски схеми на високометаморфните скали в Южна България

J. Cvijić (1901)

2. Нискокristалинен хоризонт
1. Висококristалинен хоризонт

Н. Ф. Соловьев (1953ф)

- Горен комплекс – М₂ с две свити
Долен комплекс – М₁ с четири свити

Стр. Димитров (1955)

- Горна метаморфна серия (нисък кристалин): доломити и мрамори
силикатни и карбонатни метаморфити
силикатни парашисти
- Долна метаморфна серия (висок кристалин): С3 – пъстра свита
С2 – свита на лептитови гнайси
С1 – свита на биотитови и амфиболови гнайси

Стр. Димитров (1959)

- Горна серия – М 2: М 2.2 – свита на мраморите
М 2.1 – силикатно-карбонатна свита
- Долна серия – М 1: М 1.3 – пъстра свита
М 1.2 – свита на лептитови гнайси и амфиболити, с прослойки от мрамори
и гранат-ставролит-дистенови шисти
М 1.1 – свита на инжекционни и биотитови гнайси

Ив. Борисов (1960)

- Нискокristалинен комплекс: С2 – горна серия на масивни и слоисти мрамори
С1 – долна шистова серия
- Висококristалинен комплекс: М2 – горна пъстра свита
М1 – долна серия на инжекционни, гранитизирани и гранитогнайси

Е. Кожухарова, Д. Кожухаров (1962) – Севернородопска антиклинала

4. Горна карбонатно-силикатна свита
3. Свита на масивни и слоисти мрамори
2. Пъстра свита:
 - г. хоризонт на слюдени шисти, гнайсошисти, мрамори
 - в. хоризонт на амфибол-епидот-биотитови гнайсошисти
 - б. хоризонт на дистен-ставролитови гнайсошисти и шисти
 - а. биотит-мусковитови гнайси и гнайсошисти
1. Свита на тънкоивичести и лептитоидни гнайси:
 - б. подсвита на лептитоидни гнайси
 - а. подсвита на тънкоивичести гнайси

В. Вергилов и др. (1963)

Протерозойски комплекс:

- Pt₆ – карбонатно-силикатна свита
- Pt₅ – свита на мраморите
- Pt₄ – горна пъстра свита
- Pt₃ – свита на лептитоидни гнайси
- Pt₂ – свита на биотитови и мусковит-биотитови гнайси
- Pt₁ – долна пъстра свита

Архайски (?) комплекс:

- A₃ – свита на гранитогнайсите
- A₂ – свита на тънкоивичестите и очни гнайси
- A₁ – долна гранитогнайсова свита

Р. Иванов (Ivanov, 1965)

- R₆ – железоносна карбонатно-силикатна свита
- R₅ – свита на мраморите
- R₄ – горна пъстра свита
- R₃ – горна гнайсова свита
- R₂ – долна пъстра свита
- R₁ – долна гнайсова свита

Д. Кожухаров (1968) – Централни Родопи

Протерозойски комплекс:

- Pt₆ – карбонатно-силикатна свита
- Pt₅ – свита на мраморите:
 - горен хоризонт
 - долен хоризонт
- Pt₄ – свита на гнайсошисти и шисти:
 - хоризонт на дистен-ставроли. и биотитови шисти
 - хоризонт на амфибол-епидот-биотитови гнайсошисти
 - хоризонт на мусковитови гнайси и гнайсошист

- Pt₃ – свита на лептитови гнайси
- Pt₂ – свита на двуслюдени и биотитови гнайси
- Pt_{1,3} – горна пъстра свита
- Pt_{1,2} – свита на биотитови и двуслюдени гнайси
- Pt_{1,1} – долна пъстра свита

Архайски (?) комплекс (неразчленен навсякъде):

5. Мигматити
4. Гранитизирани гнайси и гранитогнайси
3. Равномернозърнести гранитогнайси
2. Порфиробластични мигматити до крокидити
1. Амфиболони и амфибол-биотитови до биотитови гнайси с титанит

Ж. Иванов и др. (1984)

Централнородопска метаморфна група:

12. Добростанска мраморна свита
11. Явровска шистна свита
10. Ситовска мраморна свита

9. Белочерковска гнайсово-шистна свита
8. Бачковска лептитово-гнайсва свита
7. Модърска мраморна свита
6. Добролъшка гнайсова свита
5. Посестримска свита
4. Лясковска свита
3. Чепеларска свита
2. Върбовска свита
1. Широколъшка свита

Д. Кожухаров (1984; Kozhoukharov, 1988)

Родопска надгрупа (Протерозой)

Асеновградска група: Белащенска карбонатно-силикатна свита
Добростанска мраморна свита

Ситовска група: Луковишка гнайсошистова и шистова свита
Бачковска лептинитова свита
Бойковска гнайсова свита

Рупчоска група: Въчанска пъстра свита
Богутевска плагиогнайсова свита
Чепеларска пъстра свита

Прародопска надгрупа (Архай?)

Арденска група: Любиновска мигматитова свита
Вишневска гнайсова свита със шисти и амфиболити
Маданска гранитогнайсова свита
Върлидолска свита на гранитизирани гнайси
Аламовска свита на левкократни гнайси.

Ботурченска група: Гнездарска амфиболитова свита
Жълтичалска пъстра свита
Константиновска метаконгломератна свита

Стражецка група: Пъновска порфиробластична свита
Горноюрушка лептинитова свита
Орловска гнайсова свита

И. Загорчев (Zagorchev, 2008)

Комплекси: г. Асеновградски карбонатен
в. Бачковски гнайсов
б. Рупчоски пъстър
а. Прародопски (Арденски) ултраметаморфен

Е. Кожухарова (Kozhoukharova, 2008)

Родопска надгрупа: силикатно-карбонатна свита
свита на мрамори
пъстра свита

Прародопска надгрупа: свита на порфиробластични гнайси
свита на лептитови гнайси
свита на биотитови гнайси

И. Загорчев (Загорчев, 1984, 1989; Zagorchev, 2001) – Огражденски блок

Прародопска (Огражденска) надгрупа:

3. *Гнайсово-мигматитов комплекс (Малешевска група):*

2. *Тросковска група:* Четирска свита
Стариречка свита
Докатичевска свита

1. *Гнайсов комплекс (Беласишка група):* В. Горна гнайсово-шистна задруга
Б. Средна гнайсова задруга
А. Долна гнайсово-шистна задруга

Х. Дабовски (Dabovski, 1988) – Централносредногорски блок

Прародопския комплекс: Копривщенска свита

Пирдопска свита

Д. Кожухаров и др. (1980) – Ихтимански блок

Гарванишка свита

Планска свита

Я. Герджиков (2004а)

Регионални метаморфни комплекси:

Сакарски

Средногорски

Осогово-Лисецки

Сръбско-Македонски