

СЕВЕРНОРОДОПСКА ЕКСТЕНЗИОННА СИСТЕМА: ФОКУС ВЪРХУ РАЗРЕЗА ПРИ ПЕЩЕРА

Янко Герджиков

Софийски университет „Св. Климент Охридски“, София 1504; janko@gea.uni-sofia.bg

РЕЗЮМЕ. Севернородопската екстензионна система (СРЕС) е регионална зона, която ограничава от север терциерните мигматити и гранити на Родопската зона. В работата се излагат данни за конкретния ход и изява на зоната в разреза по Стара река южно от Пещера. В изследвания участък СРЕС се характеризира само с присъствието на пластично деформирани скали. Лежащото крило на зоната е представено от мигматизирани гнайси (Въчанска единица), които в най-горните нива са милонитизирани. Редица кинематични индикатори маркират устойчива ССЗ посока на обемните срязвания. От интензивни синметаморфни деформации са засегнати и долните нива на висящото крило (Севернородопска единица). Излагат се данни за липсата на локализиране на крехки деформации в основата на мощния мраморен разрез, разположен в най-високите структурни нива.

NORTH RHODOPIAN EXTENSIONAL SYSTEM: FOCUS ON THE PESHTERA SECTION

Ianko Gerdjikov

Sofia University "St. Kliment Ohridski", Sofia 1504; janko@gea.uni-sofia.bg

ABSTRACT. The North Rhodopean extensional system (NRES) is a regional-scale tectonic zone forming a northern boundary of the Tertiary core of the Rhodopian zone. In this contribution new data are presented on the trace and the character of the zone along the Stara reka river (south of Peshtera). In this section NRES consist only of ductile mylonitic rocks. Spectacular localization of ductile strain is observed on the top of migmatitic footwall marked by 2-3 m thick ultramylonitic level. Asymmetric fabric indicate consistent top-to-the-N extensional shearing. The lowermost part of the hanging wall also displays evidence for intensive shearing, but kinematic indicators are showing inconsistent flow directions. Field data are incompatible with previous models for the existence of significant fault zone at the bottom of the thick marbles that have structurally highest position.

Увод

Наскоро беше съобщено за съществуването на регионална екстензионна тектонска зона, следяща се по северния ръб на Родопите и Рила (Герджиков и Готие, 2006). В зоната са представени както пластични милонити, така и крехки тектонити. Този факт, както и безразборната употреба на термина "детachment" ни накара да наречем тази тектонска зона Севернородопска екстензионна система (СРЕС).

СРЕС се следи на терена от Кричим на северозапад до с. Сестримо. Проследяването на зоната на запад е затруднено от присъствието на млади седименти и проявата на пост-олигоценски навличания. Независимо от това, екстензионните деформации са запечатани в гранитоидите от Рило-Родопския батолит, който изгражда лежащото крило на СРЕС (Gerdjikov et al., 2006). По този начин, към момента зоната е проследена от Кричим до с. Мала Църква и дължината ѝ надхвърля 90 km.

Целта на работата е да характеризира един от типовите разрези през СРЕС – този по Стара река, южно от гр. Пещера (фиг. 1). Акцент е поставен върху локализацията на деформацията в пластичната зона на срязване от СРЕС. Обсъждат се спецификите на разреза по Стара река и се сравняват с разрезите при Кричим и Белово.

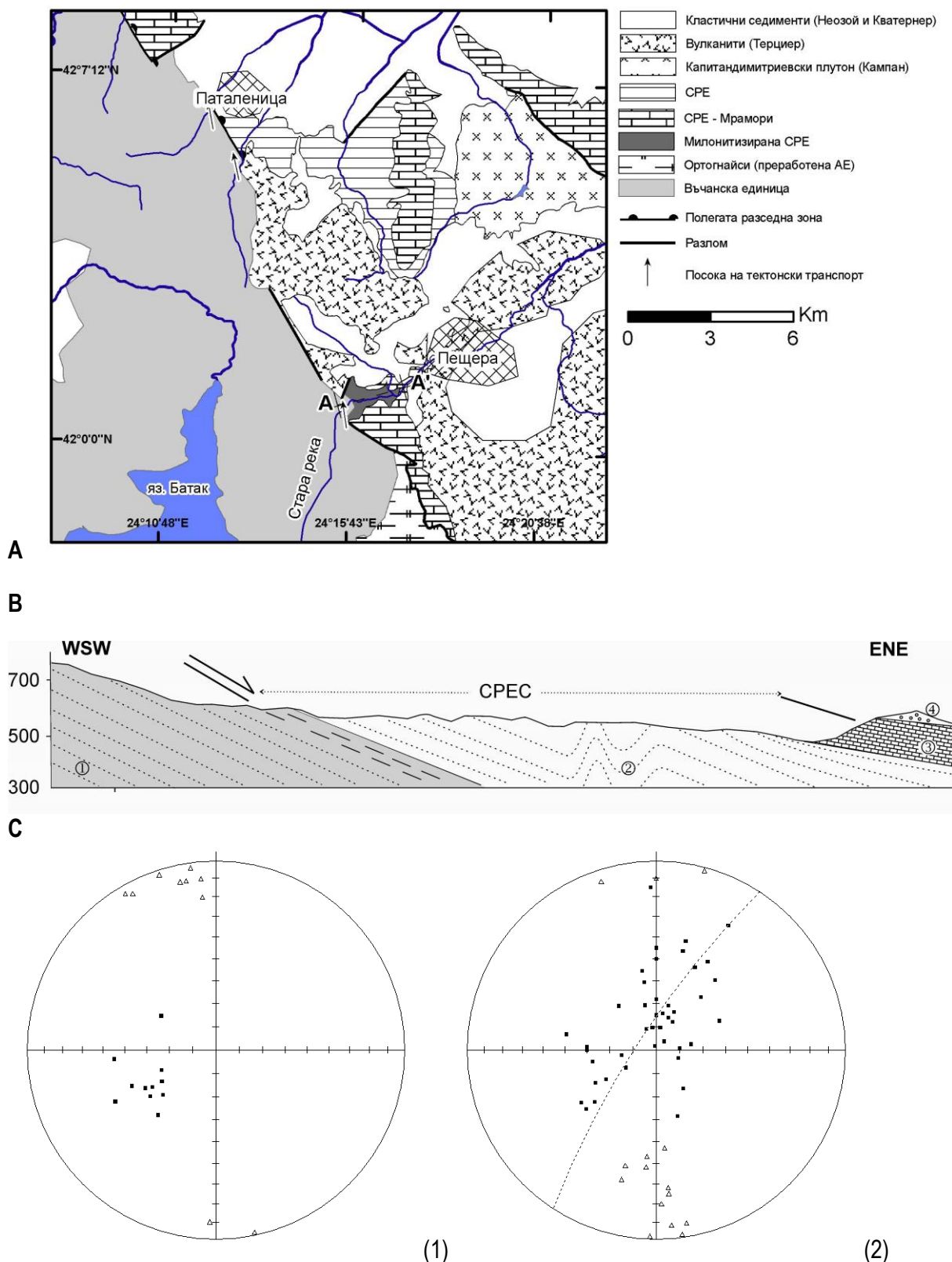
Бележки върху изучеността

Северният ръб на Родопите е бил обект на редица конкретни и обобщителни работи. В този смисъл е ясно, че това е една от най-добре проучените области от Родопската зона.

Още от работите на Яранов (1940), Бончев и др. (1951), Керев (1961) стават известни две от основните черти в геоложкия строеж: съществуването на две различни метаморфни последователности – високо и нискокристалинна, често разделени с полегат "навлачен" контакт; и навличанията на кристалинния фундамент върху терциерни седименти.

По този начин към началото на 60-те години на миналия век се налага представата за навличания, южновергентен строеж на северния ръб на Родопите.

Яранов (1960) характеризира известните навлаци в Родопите (вкл. и тези по северния ръб на планината) като "епидермални структури".



Фиг. 1. А. Схематизирана геоложка карта на района около гр. Пещера (по Кереков, 1961 с изменения). Съкращения: CPE – Севернородопска единица; АЕ – Асенишка единица. А-А' – позиция на геоложкия разрез.

В. Разрез по линия А-А'. 1 – Въчанска единица; Севернородопска единица: 2 – шисти, мрамори, амфиболити и лекокатри гнайси; 3 – мрамори; 4 – Терциерни и Кватернерни седименти. С пунктир е показана средната ориентировка на фолиацията.

С. Ориентировки на проникващи структури от изследвания участък. Долна полусфера, равноплоска проекция. Диаграма (1) – милонитна зона в горните нива на Въчанската единица; диаграма (2) – долни нива на Севернородопската единица. Квадратчета – фолиация; изправени триъгълници – линейност на разтягане; пояса на диаграма (2) отразява проявата на декаметрови огъвания с оси $B=123/8$.

Изложените от Бончев (1961) идеи за контролиращата роля на Маришкия линеймент и на Кожухаров (1965) за доминирането на блоково-разломните структури в

Централните Родопи силно повлияват тектонските интерпретации. Като резултат, в продължение на години, значението на навлачните структури е подценявано.

В серия от работи Иванов и др. (1979; 1989a), Московски и Иванов (1986), Ivanov (1988) възраздат и доразвиват по-ранните идеи за навличния строеж. Иванов и др. (1989a) акцентират на значителните разлики в степента на метаморфизъм на скалите от висящия и лежащия блок, а също така разглеждат навличанията по северния ръб на Родопите като тилна част на корово-мощабен, северновергентен навлак. Тези идеи са подложени на критика (Кожухаров и др., 1992) и на геоложката карта на България в М 1:100 000 са изобразени само локални навлични структури, тълкувани като незначителни "отлепвания" в кристалинния фундамент.

Прилагането на кинематичния анализ за изучаване на метаморфните скали маркира ново ниво на изученост (Иванов и др., 1989b; Burg et al., 1990; 1996). В тези работи се документира устойчива южна посока на синметаморфния тектонски транспорт, дори и в най-северните участъци, разположени непосредствено до "Севернородопския навлак". Предлагат се и първите схеми за литотектонско рачленяване на метаморфните комплекси от Родопите.

Радикално нова интерпретация на "Севернородопския навлак" предлага Иванов (1989; 1998). Границата между двата контрастно различни метаморфни комплекса се разглежда като тектонска зона тип "детачмент", като се акцентира на напълно крехкия характер на сръзванията по зоната. Друг съществен момент е разграничаването в зоната на "Севернородопския навлак" на два типа нарушения – първите свързани с крехката екстензия, а вторите – свързани с компресия и навличания по ръбовете на олигоценските басейни.

Насочени на север обемни сръзвания в метаморфитите от лежащото крило на "Севернородопския навлак" са документирани от френските геолози P. Gautier и R. Moriceau (данни от непубликувана дисертация на Moriceau, 2002). Сходни данни се излагат от Dimov and Georgiev (2000) за разреза при с. Сестримо.

В предложения наскоро модел за строежа на северния склон на Родопите и Рила (Герджиков и Готие, 2006) се акцентира на редица вече известни или нови въпроси: (1) мотивира се съществуването на дългоживуща екстензионна система; (2) документира се обемния характер на екстензионните деформации в метаморфитите от лежащото крило; (3) пост-олигоценските навличания се тълкуват като изява на краткотрайна компресия, проявена на фона на доминиращата и в наши дни екстензия.

Разрезът при Пещера

Дълбоко всечената долина на Стара река, както и шосейната мрежа дават много добра възможност за картиране и анализ на тектонитите свързани със СРЕС (фиг. 1).

Лежащо крило на СРЕС

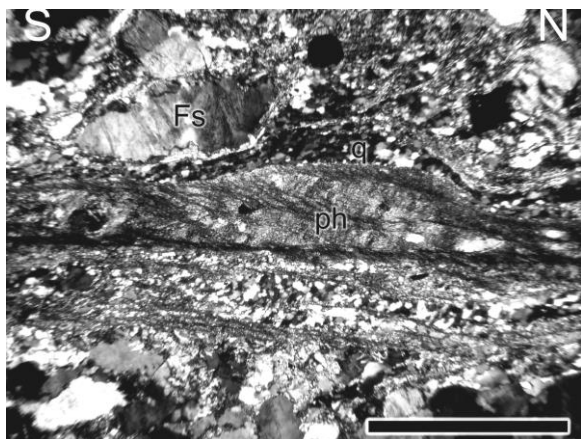
Изградено е от високостепенни, мигматизирани гнайси. Разглеждани са като "Висококристалинна серия" (Бончев и

др., 1951), "мигматизирани гнайси и амфиболити от Централнородопската група" (Иванов и др., 1989a), Богутевска свита (Кожухаров и др., 1992). Първоначално Ivanov (1988) счита тези скали за част от Асенишката единица, а в последствие ги разглежда като прилежащи към единицата Арда (Иванов, 1998). Въз основа на детайлни изследвания в долината на р. Вѝча и профилирания по долините на реките Стара и Чепинска, считаме, че високостепенните метаморфити изграждат отделна единица – Вѝчанска, която се отличава по редица белези от единицата Арда (Герджиков и Готие, 2006): (1) За единицата Арда са типични южно насочени обемни сръзвания (Burg et al., 1990), докато скалите на Вѝчанската единица запечатват доминиращо насочени на север сръзвания. Северновергентните, обемни сръзвания са особено чести във Вѝчанската единица в участъците разположени в близост до СРЕС. (2) В Арденската единица се установяват белези за висока степен на мигматизация, често достигаща до формиране на диатексити (Саров и др., 2004; Cherneva and Georgieva, 2005), докато диатекситите практически липсват във Вѝчанската единица. Този факт, въпреки липсата на количествени петроложки данни, насочва към по-ниския фациес на метаморфизма в обема на Вѝчанската единица. (3) Мигматизацията в скалите на Арденската единица е приабонска (Peycheva et al., 2004), докато за Вѝчанската единица са известни по-стари възрасти (Arnaudov et al., 1990; Cherneva et al., 2006).

В долината на Стара река Вѝчанската единица е представена основно от мигматизирани, биотитови гнайси. Тези скали запечатват високотемпературни деформации, свързани с формирането на гнайсовия строеж и мигматичните структури. Характеризират се с полегато залягаща фолиация и почти пълна липса на линейности. Към север с приближаване към СРЕС фолиацията добива устойчив наклон към север.

Пластична зона на сръзване от СРЕС

Пластичната зона на сръзване от СРЕС маркира горния контакт на Вѝчанската единица. Самият контакт се разкрива в долината на Стара река, непосредствено до изхода на тунела (при N 42.0158; E 24.262). Непрекъснати разкрития на контактната зона се намират и по северните склонове на безименния поток, който се влива в Стара река до изхода на тунела. Интензивната деформираност на мигматитовия протолит се маркира от рязка редукция в размера на зърната и развитието на проникващи и гъсто разположени фолиационни и линейни структури. Гнайсовият строеж и мигматичното разслояване се трансформират в милонитни гнайси с разкъсани и нашистени левкосоми. В тези нива се наблюдава пълен паралелизъм на левкосомите и пегматит-аплитовите жили с милонитната фолиация. Интензивно деформираните нива се бележат от очни гнайси/шисти, където "очите" представляват запазен кварц-фелдшпатов левкосомен материал. Пластичните деформации са били съпроводени от значителна флуидна активност, която се бележи от формирането на филонитни домени (фиг. 2). Те се срещат като 2-15 m ултрамилонитни зони в милонитите, а също така оформят 4-5 m дебело ниво в най-горните нива на Вѝчанската единица.

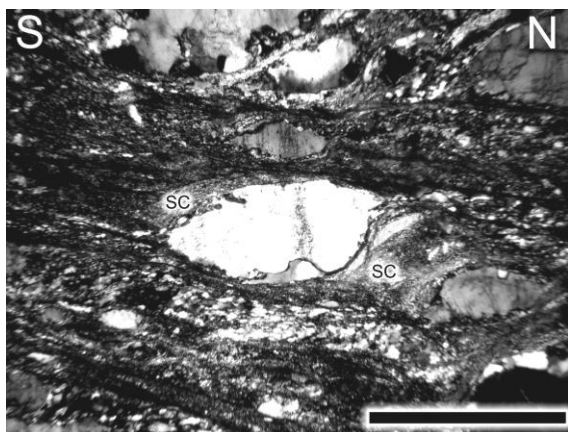


Фиг. 2. Микроструктури на милонити от СРЕС. В центъра на снимката – филонитен домен, изграден изцяло от слюдени минерали (ph). Горے ляво – сигма-тип фелдшптов порфирокласт (Fs), маркиращ насочени на север сръзвания. Кварцът е сегрегиран в полиминирални ивици, изградени от дребни зърна (q). Машаб 1 mm

Фолиацията и линейността в обхвата на пластичната зона на сръзване се отличават със стабилни ориентировки и не са засегнати от по-късни огъвания (фиг. 1С). Голям брой кинематични индикатори, наблюдавани както в разкритията и в образците, така и на микро ниво индират насочени на север обемни сръзвания (фиг. 3).

Висящо крило на СРЕС

Над ултрамилонитното (филонитно) ниво от най-горните части на Въчанската единица се разполага един пъстър разрез изграден от разнообразни шисти, левкокртни, дребнозърнести гнайси, амфиболити и мрамори. По този начин ултрамилонитите маркират една ясно изразена литоложка граница в разреза на метаморфитите. До момента единствено Керекон (1961) акцентира на значението й, считайки я за граница между ниско и висококристалинните метаморфити. На геоложката карта в М 1:100000 тя е означена като разломен контакт между Богутевска и Въчанска свити (Кожухаров и др., 1992). Най-пълно тази част от разреза на метаморфния фундамент е описана от Белев (1968).



Фиг. 3. Асиметрични "опашки" и деформационни шапки (strain camps – sc), които заедно с ивици на сръзване индират насочени на север сръзвания. Машаб 1 mm

Скалите над тази граница показват редица белези за високи крайни деформации, и определянето на протолитите им и степента на метаморфизъм е затруднено. На редица места по Стара река и притоците й, те са процепени от деформирани в различна степен

пегматитови и аплитови жили. Какви са аргументите тези скали да се причислят към висящото крило на СРЕС? На първо място, това е липсата на белези за мигматизация в тях. Изключително рядко се наблюдават очни и очно-ивичести структури, типични за милонитизирани левкосомии. Тяхното присъствие може да се обясни с деформирането на първични левкокртни нива или алохтонни аплит-пегматитови жили. На второ място, това е забележителното сходство в характера на скалните типове с тези от Севернородопската единица (Иванов и др., 1989a). Тези факти насочват към разглеждането на този пъстър разрез като част от Севернородопската единица.

Севернородопската единица изгражда части от северното подножие на Родопите и Рила, а така също и южните части на Ихтиманското Средногорие, разположени до Искърско-Явориската зона на сръзване. Метаморфитите от тази единица се отличават по пониската степен на метаморфните изменения (Иванов и др., 1989a), а също така и по до-горнокредната възраст на метаморфизма: североизточно от Пещера, скалите на единицата са контактно променени (Кожухаров и др., 1992) от кампанския Капитандимитриевски плутон (Kamenov et al., 2003).

В долината на Стара река, базалните нива на Севернородопската единица са представени от ултрамилонитни, финозърнести мрамори и амфиболити. Това редуване се наблюдава по северния бряг на Стара река. От изключително значение е разкритието, разположено 150 m северно от входа на ВЕЦ "Пещера" (N 42.016; E 24.264), където в изкопа на пътя и в коритото на реката се наблюдава синметаморфно, тектонско смесване на амфиболити (метабазити) и мрамори, наподобяващо сходни структури в зоната на Среднородопския навлак (Янишевски, 1937). Тектонски "смесената" скала се разполага непосредствено над филонитите от най-горните нива на Въчанската единица. Присъстието на този специфичен вид тектонит е специално отбелязано от Керекон (1961), но този факт остава недооценен в последвалите разработки.

Като цяло, разрезът на Севернородопската единица в долината на Стара река показва белези за високи крайни деформации. Линейността е добре изразена и се маркира от развлечени кварцови агрегати, сенки на натиск и подредбата на слюдени минерали. Ориентировката й е аналогична с тази от милонитната зона в горните нива на Въчанската единица (фиг. 1с). Ориентировката на фолиацията показва значителни вариации. В съседство с контактите с Въчанската единица, както и с мраморния разрез, коронясващ разреза на кристалина, фолиацията показва стабилна и конформна ориентировка. От друга страна метрови и декаметрови огъвания са причина на редица места да се наблюдават значителни вариации в ориентировката на фолиацията.

За разлика от милонитната зона в горните нива на Въчанската единица, тук кинематичният анализ не даде еднозначни резултати. По-голямата част от наблюдаваните асиметрични структури индират насочен на ССЗ тектонски транспорт (фиг. 4).



Фиг. 4. Ротирано базично включение в ситнозърнести биотитови гнайси, маркиращо насочени на СЗ обемни сръзвания. Северно от устието на р. Дълбочица

В нашистени пегматити (прим. по пътя за пещерата Снежанка) се наблюдава S/C строеж, маркиращ югоизточни обемни сръзвания. Тези аномалии може да са резултат от антитетични сръзвания, водещи до изтъняване на екстензионната зона или да се дължат на локални отклонения в стабилния поток на веществото, породени от якостни разлики.

Специално внимание бе отделено на проследяването на долния контакт на мощния мраморен разрез, който се разполага в най-горните нива от разреза на Родопските метаморфити. Тези мрамори са разглеждани като корелат на Добростанската свита и традиционно в основата им се поставя полегатото разломно нарушение, тълкувано като повърхнина на Севернородопския навлак (Бончев и др., 1951; Кожухаров и др., 1992). По северозападния склон на Стара река този контакт е покрит от склонови наслаги, но по югоизточния склон се установяват почти непрекъснати разкрития. Напълно разкрит профил през контакта се наблюдава югозападно от устието на р. Дълбочица (при N 42.0164; E 24.2787). Детайлният анализ на тези разкрития показва, че не съществуват данни за присъствието на крехко тектонско нарушение в основата на мраморния разрез. Не се установи присъствието на крехки разломни скали от типа на бречки и катаклазити. От друга страна, всички скали показват белези за интензивна пластична деформация, а също така се установява пълен паралелизъм в ориентировката на фолиацията и линейностите в пъстрия разрез и мраморите. За разлика от типичните разкрития на Добростанската свита, където мраморите са ситнозърнести и безструктурни, тук те показват перфектно развита фолиация и фина цепливост. На редица места в основата на мраморния разрез се наблюдават лежащи в плоскостите на фолиацията изоклинални гънки, които указват за процеси на преработка на фолиацията (transposition).

Дискусия

Разрезът по Стара река, както и районите на Кричим и с. Сестримо са най-пълно разкрити и дават най-добра представа за геометрията и характера на сложното устроената и вероятно дългоживуща тектонска зона – СРЕС. Общо за всичките разрези е присъствието на

милонити и ултрамилонити в най-горните нива на Въчанската единица, които запечатват насочени към С, ССЗ сръзвания. Докато характера на синметаморфните сръзвания показва забележителна устойчивост по цялото протежение на зоната, то архитектурата и кинематиката на крехките разломни нарушения, развити в съседство със СРЕС, е трудна за изучаване и корелация. Трудностите произтичат от липсата на непрекъснати разкрития и интензивната тектонска преработка в съседство със съвременния планински фронт (склон) на Родопите и Рила. Тъй като тези негативни фактори не са проявени, разрезът при Пещера дава изключителна възможност за разбиране взаимодействието между пластичните и крехките деформации в обхвата на СРЕС.

Установената липса на полегатото разломно нарушение на границата между Въчанската и Севернородопската единици, а също така и в основата на дебелия мраморен разрез, са факти с важни последствия за модела и еволюцията на СРЕС.

Възникват следните въпроси, които ще търсят решение и в по-нататъшни изследвания:

(1) Съществува ли полегатата разседна зона (Low-angle normal fault) по цялото протежение на СРЕС? Към този момент съществуването на този разлом е документирано на СЗ от р. Яденица (Иванов и др., 1989b; Gerdjikov et al., 2006). Съществуващите данни указват за сравнително малка дебелина на крехката тектонска зона, която се маркира от тънко ниво (макс. 2-3 m) споени катаклазити и гауч. За разкритията южно от Кричим също има указания за съществуването на полегатата крехка зона (Иванов и др., 1979; Герджиков, 2005). Тя се трасира по разлики между двата блока на зоната, по съществуването на полегати крехки сръзвания и значителната катаклазна преработка на висящия блок. Важно е да се отбележи, че при Кричим не са установени тектонити (прим. ултракатаклазити и гауч), които да маркират главната разломна зона. Тези данни указват, че в значителна степен установяването на полегатата разседна зона зависи от характера на разкритостта. В случаи на по-слаба разкритост, нейното съществуване се предполага по общи съображения, но не може да се докаже (прим. в района на с. Паталеница – фиг. 1). Проблемът в редица случаи се усложнява от трудностите да се различат олистостромните явления от полегати разломни нарушения.

(2) В каква степен е засегната от пластични екстензионни сръзвания горната плоча на екстензионната система – Севернородопската единица? Геометрията и кинематиката на обемните сръзвания, както и микроструктурните изследвания в разреза по Стара река насочват към идеята за интензивна терциерна динамо-метаморфна преработка на скали от базалните нива на Севернородопската единица. Тази преработка е съвместима с екстензионния характер на трансформациите по зоната, които водят до изнасяне на "горещи" нива от дълбочина и съпоставянето им с по-рано ексхумираните метаморфити от Севернородопската единица. Целенасочени петроложки и изотопни изследвания са необходими за цялостно решение на този проблем.

Заклучение

В разреза при Пещера СРЕС показва специфични черти. Пластичните милонити от СРЕС са развити както по мигматитите от лежащото крило, така и по скалите на Севернородопската единица. Изключително високи крайни деформации са запечатани в най-горните нива на лежащото крило, маркирани от ултрамилонити и 4-5 m ниво на тектонско смесване на мрамори и метабазити. След интензивните пластични деформации, вероятно още в синметаморфни условия, горните нива на милонитната зона са огнати от декаметрови и метрови гънки, с оси приблизително напречни на посоката на тектонския транспорт. Най-важната особеност в изследвания разрез е липсата на крехко тектонско нарушение в основата на мраморите от Севернородопската единица.

Литература

- Белев, С. 1968. Върху петрографския състав на метаморфните скали около гр. Пещера и с. Дебращица. – *Год. МГУ*, 14, 2, 75-85.
- Бончев, Е., М. Йорданов, Е. Белмустаков. 1951. Бележки върху навлачната тектоника на северните родопски склонове. – *Изв. Геол. инст.*, 1, 83-94.
- Бончев, Е. 1961. Бележки върху главните разломни структури в България. – *Тр. геол. Бълг., сер. стратигр. и тект.*, 2, 5-29.
- Вълкова, Н., Х. Спиридонов. 1979. Маришкият дълбочинен разлом през неозоя в участъка между с. Варвара, Пазарджишко и гр. Костенец. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 40, 2, 167-173.
- Герджиков, Я. 2005. Полегати разломни зони в Централните Родопи. – *Геол. минер. рес.*, 5, 25-29.
- Герджиков, Я., П. Готие. 2006. Процеси на корова екстензия по северния ръб на Родопите и Рила. – *Геол. минер. рес.*, 6, 23-26.
- Иванов, Ж. 1989. Строение и тектоническая еволюция центральных частей Родопского массива. – В: *Строение и геодинамическая еволюция внутренних зон Балканид – Краищиды и Родопская область – Путевод. экскурсии Е-3, XIV конгрес КБГА, С.*, 53-118.
- Иванов, Ж. 1998. *Тектоника на България*. Хабилит. труд, СУ "Св. Кл. Охридски", 675 с.
- Иванов, Ж., С. Московски, К. Колчева. 1979. Основные черты строения центральных частей Родопского массива. – *Geologica Balc.*, 9, 1, 3-50.
- Иванов, Ж., С. Саров, Е. Мишев, А. Внуковска. 1989а. Севернородопският навлак между долините на реките Чепинска и Искър. – *Год. СУ, ГГФ*, 78, 1-геология, 64-73.
- Иванов, Ж., Д. Димов, С. Саров, Е. Мишев. 1989б. Строение и тектоническая еволюция центральных частей Родопского массива. Описание маршрута. – В: *Строение и геодинамическая еволюция внутренних зон Балканид – Краищиды и Родопская область – Путевод. экскурсии Е-3, XIV конгрес КБГА, С.*, 91-102.
- Кереков, С. 1961. Принос към геологията на Западните Родопи. – *Тр. геол. България, Сер. статигр. и тект.*, 2, 159-181.
- Кожухаров, Д. 1965. Структура на кристалина в Централните Родопи. – *Изв. Геол. инст.*, 2, 131-167.

- Кожухаров, Д., Р. Димитрова, Н. Кацков. 1992. *Геоложка карта на България М 1:100000. Картен лист Пазарджик*. КГМР, София.
- Московски, С., Ж. Иванов. 1986. Геологическое строение Централных Родоп. III. Севернородопский надвиг между городами Пештера и Асеновград. – *Geologica Balc.*, 16, 1, 31-53.
- 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.
- Янишевски, А. 1937. Принос към геологията на Чепеларската и Лъкавишката рудоносни области в Средните Родопи. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 9, 2, 67-92.
- Яранов, Д. 1940. Геология на северния склон на Родопите между град Пещера и село Куклен (Пловдивско). – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 12, 2, 83-118.
- Яранов, Д. 1960. *Тектоника на България*. С., Техника, 281 с.
- Arnaudov V, B. Amov, T. Baldjewa, M. Pavlova. 1990. Tertiary magmatic pegmatites in the Rhodope crystalline complex. Uranium-lead zircon dating. – *Geologica Balc.*, 20, 6, 25-32.
- Burg, J-P., Z. Ivanov, L-E. Ricou, D. Dimov, L. Klain. 1990. Implication of shear sense criteria for the tectonic evolution of the Central Rhodope Massif, Southern Bulgaria. – *Geology*, 18, 451-454.
- Burg, J-P., L-E. Ricou, Z. Ivanov, I. Godfriaux, D. Dimov, L. Klain. 1996. Syn-metamorphic nappe complex in the Rhodope Massif. Structure and kinematics. – *Terra Nova*, 8, 6, 6-15.
- Cherneva, Z., M. Georgieva. 2005. Metamorphosed Hercynian granitoids in the Alpine structures of the Central Rhodope, Bulgaria: geotectonic position and geochemistry. – *Lithos*, 82, 149-168.
- Cherneva, Z., M. Ovtcharova, D. Dimov, A. von Quadt. 2006. "Baby granites" in migmatites from Chepinska river valley, Western Rhodope – geochemistry and U-Pb isotope dating on monazite and zircon. – *Geosciences 2006, Sofia, Abstract Volume*, 205-208.
- Dimov, D., N. Georgiev. 2000. Exhumation related milonitization of granitoides – an example from the Rila-Phodope Batholith. – *Ann. Univ. Sofia*, 1, Geol., 92, 23-27.
- Gerdjikov, I., P. Gautier, Z. Chernewa, G. Ruffet. 2006. The northwestern segment of the North Rhodopean extensional system and related fabrics in the Rila-Rhodopean batholith. – *Geosciences 2006, Sofia, Abstract Volume*, 79-82.
- Ivanov, Z. 1988. Apercu general sur l'evolution geologique et structurale du massif des Rhodopes dans lae cadre des Balkanides. – *Bull. Soc. geol. France*, 8, IV, 2, 227-240.
- Kamenov, B., von Quadt, A., Peycheva, I.. 2003. Capitan-Dimitriev pluton in Central Srednogorie, Bulgaria: Mineral chemistry, geochemistry and isotope evidence for magma-mixing origin. – *Geochem., Mineral., Petrol.*, 40, 21-53.
- Peytcheva, I., A. von Quadt, M. Ovtcharova, R. Handler, F. Neubauer, E. Salnikova, Y. Kostitsyn, 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. Petrol.*, 82, 1-31.