



## Нова хипотеза за произхода на Подбалканските низини

*Иван Димитров*

*Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София*

## A new hypothesis for the origin of the Sub-Balkan fields

*Ivan Dimitrov*

*University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, 1700 Sofia*

*E-mail: idim68@abv.bg*

**Abstract.** Interpretation of the digital elevation model of the Central Balkan Peninsula and digital geological map compilation are used for this paper. The lineament analysis indicates that the faults in the Balkan mountain chain are geometrically consistent with a dextral strike-slip system. The main dextral shear is striking East–West and synthetic Riedel shears are striking to northwest. The sub-Balkan fields, which are traditionally considered to be grabens are delineated by East–West and Northwest striking shears. This suggests that they are formed by lateral opening of the synthetic Riedel shears. Therefore, they are more likely pull-apart basins rather than grabens. The dextral shear along the Central and East Stara planina (Balkan) explains the geomorphology of the elevated Dobrudja land, which is protruded in the Black Sea shelf to North of the Balkan, and the lowland infested by the sea to the south of the Balkan Range. The dextral strike-slip shear on a regional scale favors the orientation of the most prominent folds on the territory of Bulgaria. Now, these folds have axial surfaces striking approximately East–West, parallel to the suggested dextral shear plane. It is suggested, that they were originally formed by dextral wrenching during multiple episodes of orogenic movement and have been rotated towards parallelism with the regional shear plane. In this sense, the opening and closure of post Jurassic basins, the sediments of which were folded and trusted, forming the Stara Planina orogen, can be interpreted as a product of wrenching similar to the one that is operating today.

**Key words:** Balkan, graben, pull-apart basin, strike-slip fault, wrench fold.

**Резюме.** Изследването е базирано на цифров топографски модел на централната част на Балканския полуостров и на цифрова компилация от геоложки карти. Проведеният анализ на линеаментите показва, че разломите от Балканската планинска верига геометрично съответстват на дясно-отседна разломна система. Главното дясно-отседно срязване има посока И–З а синтетичните риделови срязвания са с посока СЗ–ЮИ. Подбалканските низини, които традиционно се описват като грабени, са ограничени от срязвания с посока И–З и СЗ–ЮИ. Тази геометрия указва, че те са формирани чрез латерално отваряне на синтетични риделови срязвания. Следователно е вероятно тези басейни да са басейни на отседно разтягане, а не грабени. Регионалното дясно-отседно срязване по посока на Централна и Източна Стара планина обяснява геоморфологията на издигнатото Добруджанско плато, което е владено в Черноморския шелф на север от Балкана, докато Бургаската низина южно от Балкана е залята и заблатена от морето. Регионалното дясно-отседно срязване е кинематично съвместимо с ориентацията на най-добре развитата гънкова система на територията на България. Тези гънки имат осови повърхнини с посока приблизително И–З, паралелно на дясно-отседните повърхности на срязване. Предполага се, че те са формирани първоначално чрез дясно-отседно осукване, по време на многократни орогенни импулси, след което са ротиращи до паралелизъм с регионалната повърхност на срязване. В този смисъл, отварянето и затварянето на седиментни басейни в следюрско време, седиментите на които са нагънати и навлечени в Старопланинския ороген може да се интерпретира като следствие на отседно срязване, подобно на това което се наблюдава днес.

**Ключови думи:** Балкан, грабен, отседен басейн, отсед, гънка на осукване.

### Увод

Подбалканските низини в България (Jaganoff, 1935) традиционно се разглеждат като грабени (напр. Tzankov, 1996; Roy et al., 1996; и др.). По

определение грабенът (Bott, Mithen, 1983) е седиментен басейн, формиран чрез пропадане на земекорен блок или блокове по разломи с преобладаващо вертикално преместване – раседи. Значителен обем съвременни изследвания демон-

стрират, че континентални седиментни басейни могат да се формират не само чрез движения по разседа, а и чрез други механизми. Най-добре изучено е освобождаването на басейновото пространство, чрез движения по разломи с преобладаващи хоризонтални премествания – отседни. Басейните, формирани от преобладаващо отседни движения, се наричат „басейни на отседно разтягане“ (pull-apart). В по-общ смисъл се използва и терминът „отседен басейн“ (strike-slip basin). И от теоретична, и от практическа гледна точка разликата между грабен и „басейн на разтягане“ е голяма. Разседите, които ограничават грабените, се формират в обстановка, при която оста на максималното тектонско напрежение е вертикална, а оста на средното по големина напрежение е хоризонтална. Отседите, които ограничават басейните на разтягане, се формират в обстановка, при която максималното напрежение е хоризонтално, а средното напрежение е вертикално. Отседните движения имат регионален и планетарен характер и са директно свързани с центробежните сили в земната кора (Moody, 1966; Scoppola et al., 2006; Zemtsov, 2007), които до голяма степен определят и плейт-тектонската еволюция.

Подбалканските низини (наричани още равнини, котловини, депресии и др.) имат ясна симетрия (фиг. 1а, б). Техните граници са преобладаващо с посока И–З и СЗ–ЮИ. Депресиите са ешелонирани паралелно на планинската верига в посока И–З и заемат въгребните части на орогена. Смята се, че грабеновият механизъм в Балкана е свързан с екстензия, последвала компресионните събития, довели до формирането на Старопланинския гънково-навлачен пояс (Burchfiel, 1980). Според Zagorčev (1992) изостатичното издигане на утебелена земна кора е основната причина за екстензионния колапс на късно алпийския ороген.

Подбалканските низини формират дълга верига от доста дълбоки басейни, които по мнението на автора на тази публикация, не могат да се обяснят с екстензионен колапс. Освен дълбочината на тези басейни, особено характерно е ешелонирането им и симетрията им, която доста добре се описва с риделовия модел на просто срязване.

Отседният произход на низините предполага концепция, при която издигането на планината е резултат на регионално просто срязване или транспресия. Транспресията изисква едновременно проява на чисто и просто срязване. Механиката на просто срязване включва съкращаване на обема в направление, перпендикулярно на посоката на срязване.

В класическата литература отседният тип планинообразуване е известен отдавна (напр. Thomas, 1974). Следвайки Moody (1966) можем да отнесем Балкана към първия и най-разпространен тип планинска система, а именно „линейно издигане с ориентирани по дължината отседни и подчинено навличане“.

В българската литература разломите, които се наблюдават в бордовете на Балкана, най-често биват наричани разседа. Няма обаче доказателства, че разседната компонента на истинското преместване по тези разломи преобладава над отседната или че те са формирани първоначално като разседа, а не като отседни.

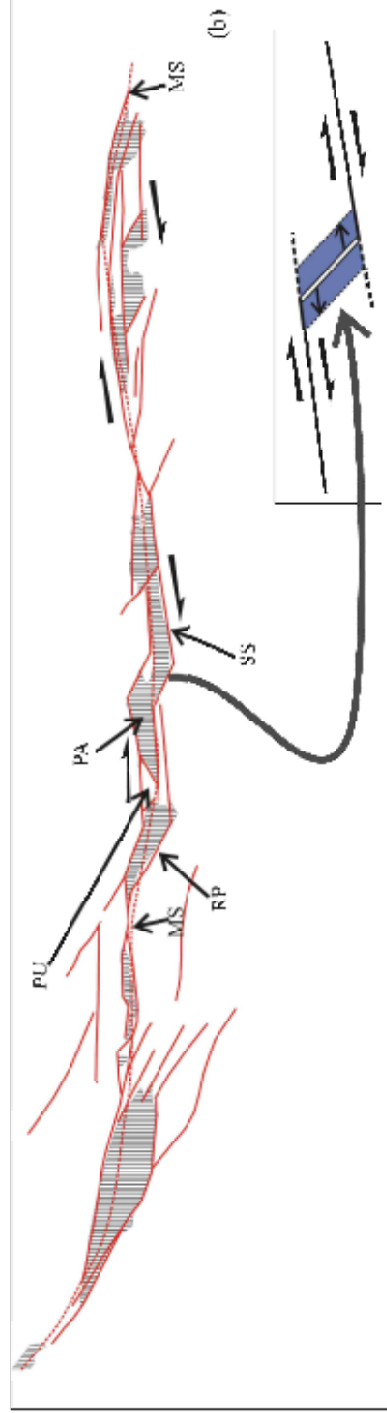
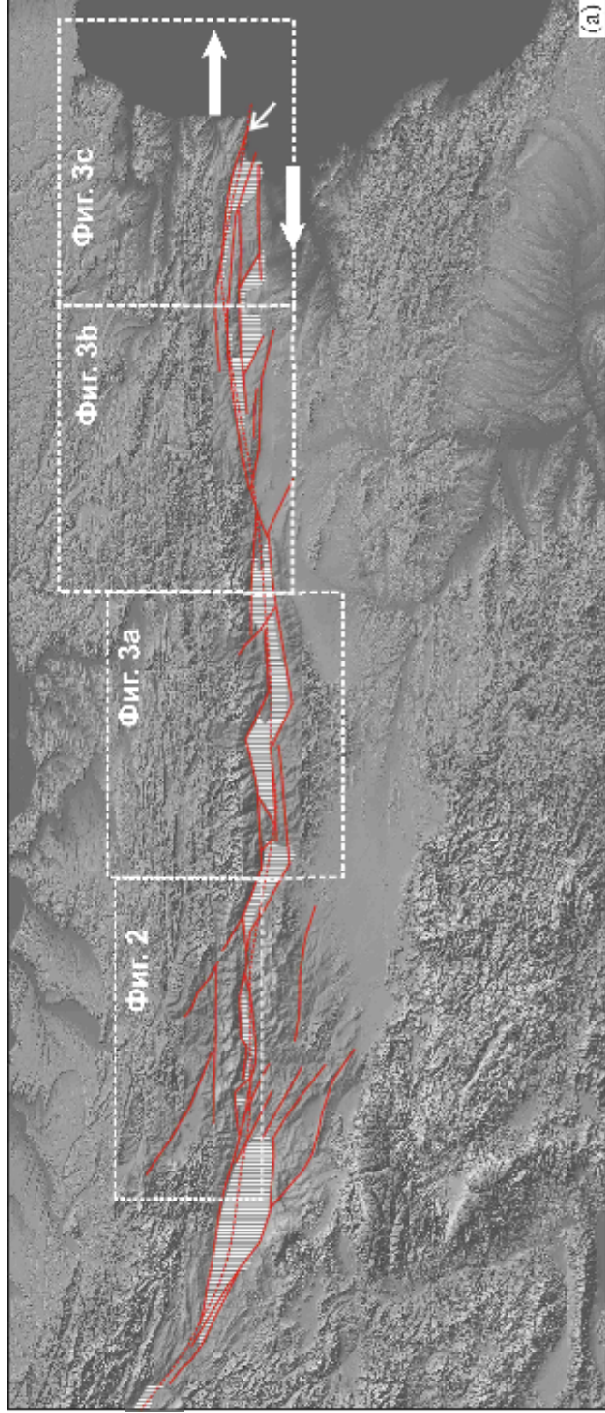
Напоследък се наблюдава тенденция за преразглеждане на старите тектонски понятия и въвеждане на нови понятия. Едно от тези нови понятия е транспресията. Транспресионният модел допуска значителни по размери отседни. Моделът на транспресия за района на Челопеч в Балкана е добре илюстриран от Антонов и Желев (2001). Описаните от тях взаимоотношения, обаче могат да се обяснят и без транспресия, тоест само чрез отседна тектоника, формирана при преобладаващо просто срязване. Подобно на по-старите автори, Антонов и Желев (2001) също наричат разломите в бордовете на планината разседа.

Идеята, че регионални отседни контролират издигането на Карпато-Балканската дъга (напр. Kazmer, Dunkl, 1997 и др.) и Алпите в по-широк регионален аспект (напр. Selverstone, 2005), е широко застъпена в международната литература. В България обаче тази идея все още не е свързана с произхода на Подбалканските низини, въпреки очевидните им прилики с добре проучени басейни на отседно разтягане в различни райони на света (напр. Avraham, 1992; Sylvester, 1988; Barnes et al., 2001 и др.). Особен интерес в това отношение представлява публикацията за Източна Стара планина на Doglioni et al., (1996), в която се обосновава регионално дясно отседно срязване с разтягане в посока СИ и ЮЗ. По същество изложеният модел е транстензионен, тоест срязването протича с увеличение на обема.

С цел изясняване на поставения въпрос в тази работа са разгледани аргументи, които засягат: симетрията на Подбалканските низини, геоморфологията на Черноморския шелф, ориентацията на линеаментите от Старопланинската верига, ориентацията на литоложките граници и ориентацията на осовите повърхнини на алпийските гънки. Теренният анализ се основава преди всичко на цифровия топографски модел на България с резолюция от 3 арк секунди (SRTM90).

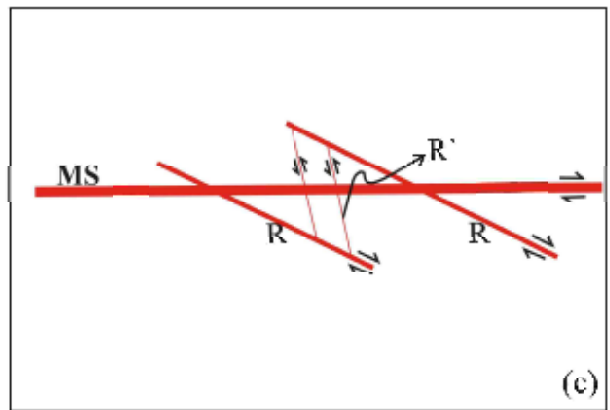
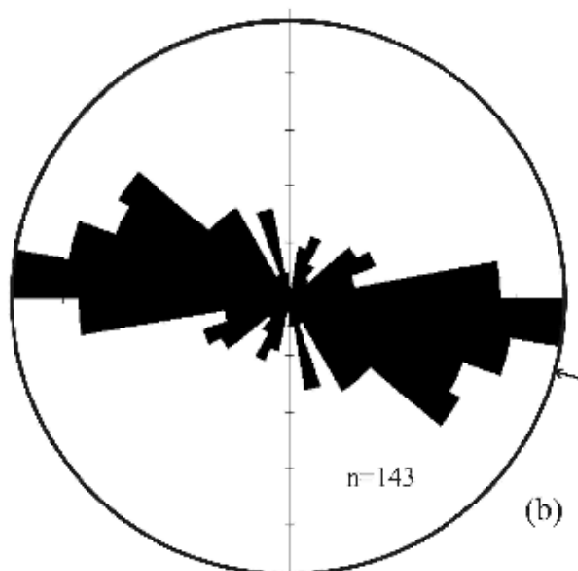
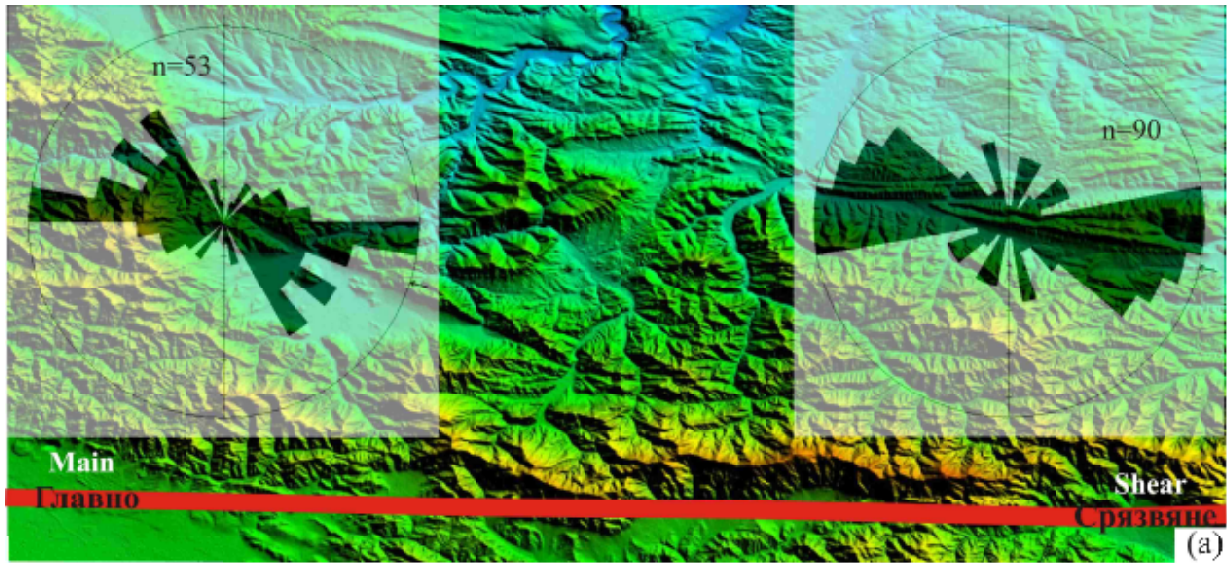
## Линеаментен анализ

Статистическият линеаментен анализ, използван в тази работа, обхваща района приблизително от меридиана на гр. София до Черно море (фиг. 1). Отделени бяха няколко добре изразени линейни структури, чийто израз в релефа говори за разломен произход. Посоките на тези структури бяха обработени статистически чрез програмата Georient. Разграничено бе направление с посока И–З, направление с посока СЗ–ЮИ и по-слабо направление с посока СИ–ЮЗ.



**Фиг. 1. Цифров топографски модел на Балканската дясно-отседна система (SRTM, резолюция 90 m)**  
 Приблизителните граници на басейните на разтягане са изчертани върху цифровия модел. Под цифровия модел е показана в генерализиран вид конфигурацията на Подбалканските басейни, както и кинематична схема, показваща начина на формирането им, чрез отваряне на синтетични риделови сръзвания с посока 3–С3.  
*PU* – издигнат блок; *PA* – басейн на отседно розтягане; *RP* – рампа, свързващ разлом; *SS* – отсед; *MS* – главно сръзване

**Fig. 1. Digital elevation model (DEM) of the dextral strike-slip Balkan system (SRTM, resolution 90 m)**  
 The boundaries of the pull-apart basins are indicated on top of the DEM. The inset under the DEM shows the configuration of the Balkan basins as well as a kinematic sketch illustrating the formation of the basins by opening of synthetic Riedel shears striking to northwest.  
*PU*, pop-up; *PA*, pull-apart; *RP*, ramp, connecting shear; *SS*, strike-slip fault; *MS*, main shear



**Фиг. 2. Линеаментен анализ на Централна Стара планина и околните ѝ области**

*a* – цифров топографски модел. Предполагаемата посока на дълбочинния Балкански отсед е показана с дебела линия – главно срязване. Статистическите направления на линеаментите са показани на роза диаграми, наложени върху топографския модел. Всяка роза диаграма покрива една втора от площта на топографския модел; *b* – сумарна роза диаграма за цялата област; *c* – схема на риделови срязвания (Davis et al., 2000), илюстриращи линеаментите, разкрити на роза диаграмата

*MS* – главно срязване; *R* – синтетично риделово срязване; *R'* – антитетично риделово срязване

**Fig. 2. Lineament analysis of the Central Stara planina mountain and its vicinity**

*a*, digital elevation model. The inferred strike of the deeply rooted Balkan strike-slip fault is shown with thick line. The statistical orientations of the lineaments are shown on the roses imposed over the DEM. Each rose covers a half of the area of the DEM; *b*, rose for the entire area of the DEM; *c*, sketch of the Riedel shears illustrating the lineaments present on the roses

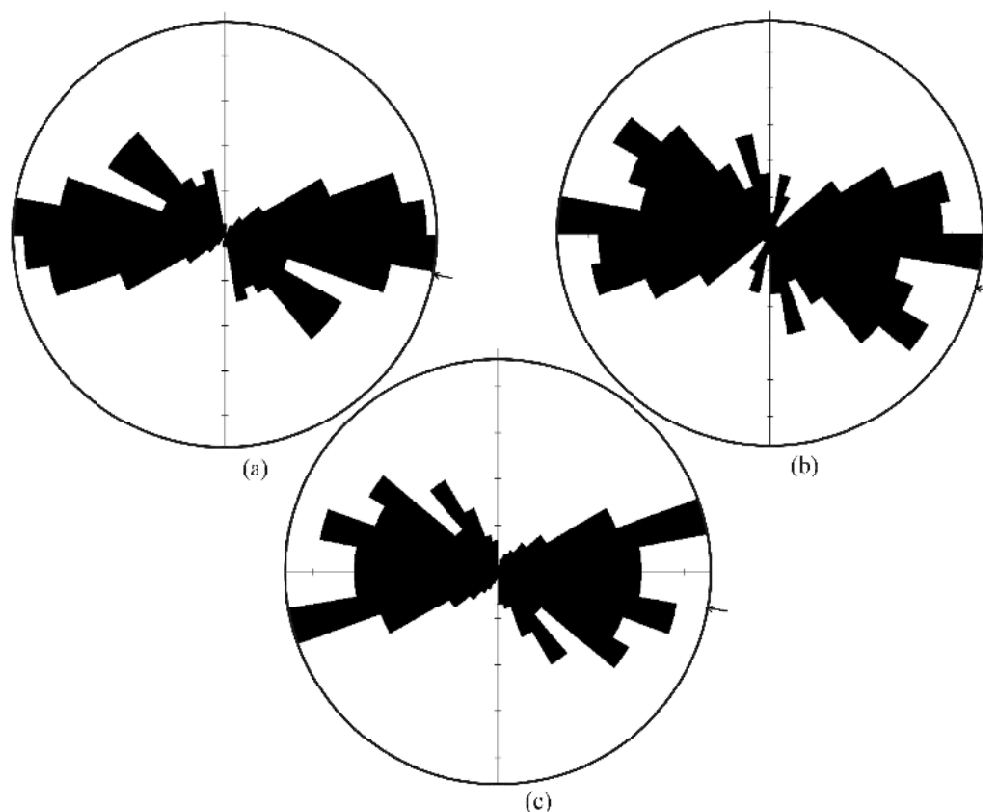
*MS*, main shear; *R*, synthetic shear; *R'*, antithetic shear

Резултатите от статистическия анализ показват, че територията на България източно от меридиана на гр. София до Черно море съдържа линеаменти с една и съща ориентация (фиг. 2, 3).

Забелязва се, че Подбалканските низини са ограничени от прекъснатости в две основни направления. Едното направление е с посока И–З и е паралелно на удължението на планинската система и на броеницата от низини, а другото направление е с посока СЗ–ЮИ и е разположено косо на удължението на планинската система. Косото направление съвпада по ориентация с направлението на синтетичните (риделови) срязвания (фиг. 2b, c), които са неотменна част от всяка голяма отседна зона.

На роза-диаграмите се наблюдават и няколко по-малки максимума. Статистическият анализ показва, че синтетичните риделови срязвания, включващи ъгъл от 10–30° с Балканската

отседна зона, са много по-добре развити от антиетичните, които включват ъгъл от 70° с това направление (фиг. 2, 3). Подчинената роля на антиетичните срязвания не е изненада, тъй като те по правило са по-лошо представени в повечето експерименти (напр. Tchalenko, 1970; Davis et al., 2000), а и разкриването им зависи в голяма степен от мащаба на наблюдение (Moody, Hill, 1956; Chinnery, 1960). Тоест, в повечето случаи, антиетичните срязвания са представени от по-малки разломи, които се установяват при картирането, но не и при линеаментния анализ. Тази картина е аналогична и на резултатите от многобройни регионално геоложки изследвания в Алпо-Хималайския (Selverstone, 2005), Кордилерския (Kruse, Williams, 2005) и Апалаческия ороген (Malo, Beland, 1989), където също се наблюдават дълги вериги от басейни, формирани от отседна тектоника.



**Фиг. 3. Линеаментен анализ на Централна и Източна Стара планина**

Областите, в които са измервани линеаментите, са показани на фиг. 1.

*a* – роза на 135 линеаментата от Централна Стара планина; *b* – роза на 248 линеаментата от Източна Стара планина; *c* – роза на 180 линеаментата от Източна Стара планина

Роза диаграмите са изчислени с програмата Georient (<http://www.holcombe.net.au/software/>). Ширината на един статистически интервал е 10°.

**Fig. 3. Lineament analysis of Central and Eastern Stara Planina mountains**

The regions, for which lineaments were measured, are shown on Fig. 1.

*a*, rose diagram of 135 lineaments for Central Stara Planina mountain; *b*, rose diagram of 248 lineaments from Eastern Stara Planina mountain; *c*, rose diagram of 180 lineaments from Eastern Stara Planina mountain.

The calculations were made with Georient (<http://www.holcombe.net.au/software/>). The width of a statistical interval is 10°.



Посоката на Балканската отседна зона може да се проследи, като се свържат осовите части на Подбалканските низини. Тъй като най-вероятно тези низини са формирани чрез „разтварянето“ (фиг. 1b) на синтетични риделови срязвания (Davis et al., 2000; Atmaoui et al., 2006 и др.) или свързващи рампи (Peacock, Sanderson, 1995), те могат да се интерпретират като басейни на отседно разтягане. Между тези басейни и около тях се разполагат хорстовидни издигания (pop ups) (напр. Silvester, 1988; Barnes et al., 2001 и др.). Част от амплитудата на дясно-отседно срязване може да се изчисли, като се сумират дължините на басейните в посока И–З. Цялата амплитуда на преместване обаче остава неизвестна.

За мащабите на Балканската отседна система може да се съди по редица косвени наблюдения, като най-впечатляващото наблюдение може да се направи около изхода на Балкана в Черноморския шелф (фиг. 1). Тази част от Балкана, която е разположена на север от разломната зона (индикирана със стрелка), е вдадена в Черно море. Като цяло Добруджанското плато рязко контрастира с блатистата местност около Бургаския залив. Добруджанското плато е топографски издигнато и има права брегова линия с посока С–Ю. Бургаският район е нисък, с неравна брегова линия и е заблатен. Този факт може да се обясни с дясно отседния характер на преместванията. На север от разломната зона земекорният блок на Добруджанското плато настъпва към морето, което бързо еродиращо скалните маси. Тъй като морската ерозия не може да компенсира настъплението на северния блок, скалите, разположени на север от разломната зона, се вдават в морето. Южният блок, представен от блатистия Бургаски район, маркира относително движение на запад спрямо северния блок и това дава възможност на морето да напредне към сушата.

## Дискусия

Линеаментният анализ позволява да се определи ориентацията на главните тектонски напрежения следвайки схемата на Ридел за спрегнати срязвания. Съгласно тази схема най-вероятната ориентация на главното тектонско напрежение е по ъглополовящата между направлението на главното срязване (MS) и направлението на синтетичното спрегнато срязване (R) (фиг. 2c). Можем да заключим (фиг. 1, 2, 3), че за Централния и Източния Балкан първичната ориентация на регионалното главно напрежение е З–СЗ. В локален мащаб, поради преобладаващо дясно-отседния характер на регионалните срязвания, се очаква ротация (напр. Chinnery, 1960; Davis, 2000) на главните напрежения по часовниковата стрелка.

Ориентацията на главните тектонски напрежения, определени чрез спрегнати пукнатини на срязване и разломни повърхности със стриации

(напр. Вълчев, 1994; Shanov, 2005), варира между СЗ и СИ. Тези резултати могат да се обяснят с ротация на локалното стресово поле поради взаимодействието на структури от различен ранг. От тази гледна точка, локалните напрежения, отразяващи С–Ю компресия и съответно С–Ю екстензионен колапс на издигнатите блокове, не следва да се разглеждат като основна движеща сила на орогенезата, а като нейно следствие. Установените в локален мащаб напрежения с преобладаваща С–Ю ориентация могат да се обяснят с пасивно течение на веществото поради обемните изменения, свързани с дясно-отседно просто срязване или дясно-отседна трансресия.

Данните за съвременните движения, по данни на глобалното сателитно позициониране (Kotzev et al., 2001, Fig. 4), не отразяват убедително дясно-отседния характер на Балкана. Чрез сателитните данни са локализирани няколко двойки на дясно отседно срязване, но в Старопланинския район отседнатата тектоника очевидно е замаскирана от латерален планински колапс (разтягане) с посока СИ–ЮЗ или С–Ю. Планинският колапс в случая е функция на вертикалното издигане на Балкана, което пък съгласно предложението в тази работа модел е резултат на мащабната отседна тектоника. Очевидно на територията на България планинските хребети са разположени сред млади депресии, запълнени със слабо споени или неспоени седименти, по посока на които се проявява латерално преместване, съпътстващо издигането на планинските блокове. Слаби движения, насочени перпендикулярно или под голям ъгъл спрямо удължението на планината, не противоречат на модела на дясно отседнатата тектоника, тъй като в този модел вертикалните издигания и латералния колапс на издигнатите части са неизменна част. Съгласно последните данни от глобалното сателитно позициониране (Kotzev et al., 2006) в Западна България се разграничава екстензионна граница, която включва Подбалканската грабенова система и нейното западно продължение, а именно Софийския грабен (по смисъла на настоящата публикация това е басейн на разтягане или отседен басейн, а не грабен). Доменът южно от тази граница се придвижва на юг и ЮИ с относителна скорост от 1 mm на година спрямо домена северно от екстензионната граница. Вероятно различната скорост на относителните движения е породена от наличието на корова прекъснатост – отседна разломна зона под „грабеновата система“, която е разположена в дълбочина и разделя домени с различна способност да предават регионалните напрежения. Kotzev et al. (2006) също отбелязват, че „преобладаващият тип разломи са формирани под действието на субхоризонтални екстензионни напрежения с посока север–юг“.

За разтягане на СИ и ЮЗ говорят и Doglioni et al. (1996). Тези автори предлагат дясно отседен трансекстензионен модел на формиране на Бур-

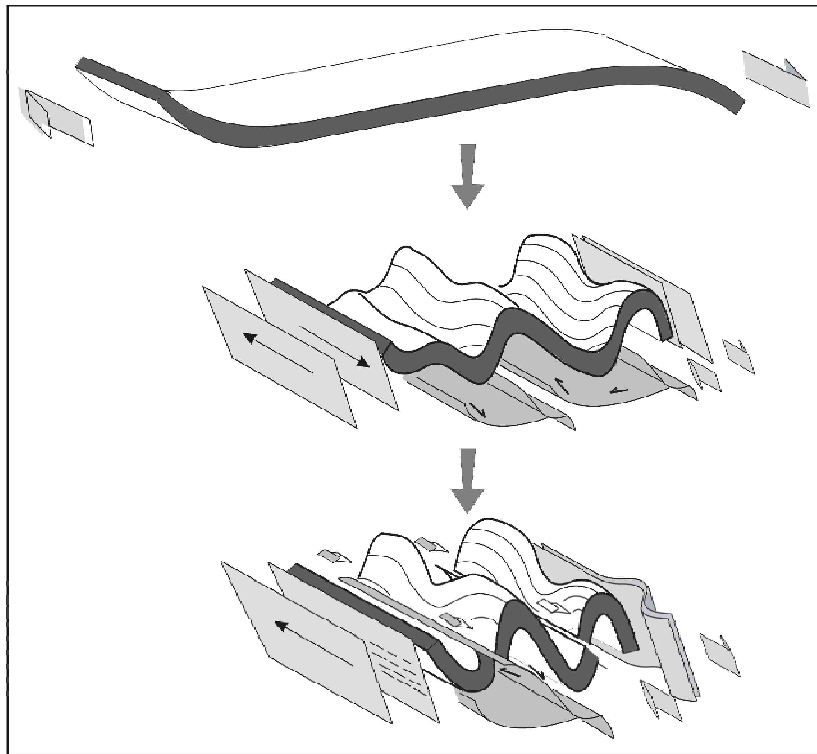
гаското понижение и на Софийския грабен. Считам, че трансензията е илюзия, породена от факта, че при дясно отседното срязване се приотварят риделови срязвания с посока СЗ–ЮИ (фиг. 1b). Действително, може да се приеме, че басейновото пространство се разширява по посока на приотварящите се стени на басейна, т.е. на СИ или ЮЗ, но приотварянето се ограничава от ориентирани И–З водещи срязвания, така че регионалното разтягане е всъщност с посока И–З, а не СИ–ЮЗ.

Моделът на дясно-отседно срязване за областта на Балкана е подходящ за обясняване на някои особености на алпийската тектоника в България. Такава особеност е регионалната система от гънки със запад-източна посока на осите. Осите им в повечето случаи съвпадат по ориентация със Старопланинската отседна зона. Тези гънки са проявени върху цялата територия на България и са описвани неведнъж по различни поводи. Те се срещат и в Родопите (напр. Иванов, 1961) и в Странджанската зона, като в много случаи участват в гънкова интерференция с по-стари или по-млади гънки.

Стратиграфският контрол и възрастта на някои от тези гънки са дискутирани от Начев и Начев (2001). Очевидно, след Юрата са отворени и затваряни няколко седиментни басейна, като при затварянето им са се формирали гънки с И–З ориентация на осите.

Ориентацията на гънките може да бъде обяснена с отседната тектоника. В световната литература изобилстват примери на гънки, формирани вследствие на регионално отсядане (напр. Moody, Hill, 1956; Wilcox et al., 1973 и др.). Механизмът на формиране на такива гънки може да се представи с последователността от постъпателни движения на отседна зона (фиг. 4). При гънкообразуването се проявява свиване перпендикулярно на зоната на срязване, което е функция на механиката на просто срязване. В последствие, при релаксацията на напреженията може да се прояви и слаба екстензия в обратна посока.

В действителност много деформации в земната кора се формират в обстановка, при която срязването преобладава над компресията. Отседното срязване е кинематично по-лесно осъществимо от чистата компресия, тъй като позво-



**Фиг. 4. Формиране на гънки с осови повърхнини приблизително паралелни на регионална зона на срязване**

Гънките първоначално се зараждат с осови повърхнини, ориентирани косо на зоната на срязване. С напредването на деформацията осовите повърхнини на гънките ротират до паралелизъм със зоната. В експеримента не участва никакъв компонент на чисто срязване. Латералното свиване е функция на геометрията на просто срязване.

**Fig. 4. Formation of folds with axial planes approximately parallel to the regional dextral shear zone**  
The folds originally develop with axial planes oriented obliquely to the shear zone. With advance of the shear the fold axial planes rotate towards parallelism with the shear direction. No pure shear is involved in the experiment. The lateral shortening is result of the simple shear geometry.

лява преместване на големи земни маси, без да се стигне до геометрично невъзможни обемни задачи и без да се прибегва до необходимостта от свиване на иначе несвиваеми земни маси.

## Изводи

Съгласно изложената по-горе хипотеза производът на алпийския Старопланински ороген на територията на България има дясно-отседен характер. Дълбочинните отседи в голяма степен контролират издигането на Балкана. Най-големите разломи са в бордовете на планината и погребани под кластичните наслаги на Подбалканските низини. Разломите, които пресичат под някакъв ъгъл генералното направление на билото, могат да се интерпретират като спрегнати риделови срязвания, а не като главни отседи. От то-

пографския модел и от роза диаграмите (фиг. 2) се вижда, че водещото И–З направление е близко по ориентация до направлението на синтетичните разломи от втори порядък, затова не е лесно да се установи кой разлом е първостепенен. Дясно отседната тектоника обяснява много от геоложките особености по българските земи, като например геоморфоложките различия по черноморския бряг северно и южно от Балкана.

Тъй като геометрията на Подбалканските низини подсказва, че са формирани чрез отделяне (сепариране) на стените на синтетични риделови срязвания, то терминът грабен е неподходящ за тези басейни. По-подходящ е терминът басейн на отседно разтягане.

**Благодарности:** Финансова подкрепа за проведеното изследване е получена от Фонд „Научни изследвания“ по проект НЗ 1517.

## Литература

- Антонов, М., В. Желев. 2001. Транспресия и коси гънково-навлачни структури в Челопешкото рудно поле. – *Год. МГУ, 43–44*, свитък I–геол., 45–50.
- Въчев, В. 1994. *Тектонска напуканост на седиментните скали в Предбалкана*. С., Акад. изд. „Марин Дринов“, 288 с.
- Иванов, Р. 1961. Стратиграфия и структура на кристалина в Източните Родопи. – *Труд. геол. Бълг., сер. геол. и пол. изкоп.*, 2, 69–119.
- Начев, И., Ч. Начев. 2001. *Алпийска плейт-тектоника на България*. С., Арттик 2001, 198 с.
- Atmaoui, N., N. Kukowski, B. Stockhert, D. Konig. 2006. Initiation and development of pull-apart basins with Riedel shear mechanism: insights from scaled clay experiments. – *Int. J. Earth. Sci. (Geol. Rundsch.)*, 95, 225–238.
- Avraham, Z. 1992. Development of asymmetric basins along continental transform faults. – *Tectonophysics*, 215, 209–220.
- Barnes, P. M., R. Sutherland, B. Davy, J. Delteil. 2001. Rapid Creation and destruction of sedimentary basins on mature strike-slip fault: an example from the offshore alpine fault, New Zealand. – *J. of Structural Geology*, 23, 1727–1739.
- Bott, M. H. P., D. P. Mithen. 1983. Mechanism of graben formation – the wedge subsidence hypothesis. – *Tectonophysics*, 94, 11–22.
- Burchfiel, B. C. 1980. Eastern European alpine system and the Carpathian orocline as an example of collision tectonics. – *Tectonophysics*, 63, 31–61.
- Chinnery, M. A. 1960. Secondary faulting. – *Canadian J. of Earth Sciences*, 3, 163–190.
- Davis, G. H., P. A. Bump, E. Pilar, E. P. Garcia, G. S. Ahlgren. 2000. Conjugate Riedel deformation band shear zones. – *J. of Structural Geology*, 22, 169–190.
- Dogliani, C., C. Busatta, G. Bolls, L. Marianini, M. Zanella. 1996. Structural evolution of the eastern Balkans (Bulgaria). – *Marine and Petroleum Geology*, 13, 225–251.
- Jaranoff, D. 1935. Morphologie der hinterbalkanischen becken (Beitrage zur vergleichenden Morphologie des Alpen Orogens). – *Сп. Бълг. геол. д-во, VII*, 145–243 (с абстракт на български).
- Kazmer, M., I. Dunkl. 1997. The Miocene Moesian indenter in the Alpine region. – *Quad. Geodinamica Alpina Quaternaria*, 4, 63–64.
- Kotzev, V., R. Nakov, B. C. Burchfiel, R. King, R. Reilinger. 2001. GPS study of active tectonics in Bulgaria: results from 1996 to 1998. – *J. of Geodynamics*, 31, 189–200.
- Kotzev, V., R. Nakov, Tz. Georgiev, B. C. Burchfiel, R. W. King. 2006. Crustal motion and strain accumulation in western Bulgaria. – *Tectonophysics*, 413, 127–145.
- Kruse, S., P. F. Williams. 2005. Brittle faulting in the Thor–Odin culmination, Monashee complex, southern Canadian Cordillera: constraints on geometry and kinematics. – *Canadian J. of Earth Sciences*, 42, 2141–2160.
- Malo, M., J. Beland. 1989. Acadian strike-slip tectonics in Gaspé region, Québec Appalachians. – *Canadian J. of Earth Sciences*, 26, 1764–1777.
- Moody, J. D., M. J. Hill. 1956. Wrench-fault tectonics. – *Geol. Soc. Am. Bull.*, 67, 1207–1246.
- Moody, J. D. 1966. Crustal shear patterns and orogenesis. – *Tectonophysics*, 3, 479–522.
- Peacock, D. C. P., D. J. Sanderson. 1995. Strike-slip relay ramps. – *J. of Structural Geology*, 17, 1351–1360.
- Roy, M., L. H. Royden, B. C. Burchfiel, Tz. Tzankov, R. Nakov. 1996. Flexural uplift of the Stara Planina range, central Bulgaria. – *Basin Research*, 8, 143–156.
- Scoppola, B., D. Boccaletti, M. Bevis, E. Carminati, C. Dogliani. 2006. The westward drift of the lithosphere: A rotational drag? – *Geol. Soc. Amer. Bulletin*, 118, 199–209.
- Selverstone, J. 2005. Are the Alps collapsing? – *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 33, 113–32.
- Shanov, S. 2005. Post-Cretaceous to recent stress fields in the SE Moesian Platform (Bulgaria). – *Tectonophysics*, 410, 217–233.
- Sylvester, A. G. 1988. Strike-slip faults. – *Geol. Soc. Am. Bull.*, 100, 1666–1703.
- Tchalenko, J. S. 1970. Similarities between shear zones of different magnitudes. – *Geol. Soc. Am. Bull.*, 81, 1625–1640.
- Thomas, G. 1974. Lineament-block tectonics. Williston-blood creek basin. – *The Am. Assoc. of Pet. Geol. Bull.*, 58, 1305–1322.
- Tzankov, Tz., D. Angelova, R. Nakov, B. C. Burchfiel, L. H. Royden. 1996. The Sub-Balkan graben system of central Bulgaria. – *Basin Research*, 8, 125–142.
- Wilcox, R. E., T. P. Harding, D. R. Seely. 1973. Basic wrench tectonics. – *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, 57, 74–96.
- Zagorčev, I. 1992. Neotectonics of the central parts of the Balkan Peninsular: basic features and concepts. – *Geologische Rundschau*, 81, 635–654.
- Zemtsov, V. A. 2007. Influence of Earth rotation on continental motions. – *Gondwana Research*, 12, 242–251.

(Постъпила на 18.01.2008 г., приета за печат на 03.12.2008 г.)  
Отговорен редактор Радослав Накров