



## MECHANISMS OF LATE ALPINE EXTENSION IN THE EASTERN PART OF THE BALKAN PENINSULA

*Ivan Zagorchev*

Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences; e-mail: zagor@geology.bas.bg

**Key words:** Balkan Peninsula; Alpine extension

Two principal types of Alpine orogens can be outlined in the Balkan Peninsula, namely: orogens (Dinarides-Albanides-Hellenides; Vardarides) issued from former Tethyan oceanic and marginal basins, and orogens (Srednogorie, Balkanides) issued from peri-Tethyan basins and epicontinental island arcs, flysch and molasse troughs, and rifts. For most of the Alpine evolution these two types of tectonic environments have been separated by a domain of thickened continental crust – the Thracian plateau. This domain constituted in post-Palaeozoic times an area of shallow basins (Peri-Tethys; Paratethys) and island arcs, with almost continuous uplift and exhumation of metamorphic and igneous rocks of Cadomian, Hercynian and Alpine age.

The extension processes within the Late Alpine orogens on the Balkan Peninsula followed different mechanisms and patterns. They depended both on the configuration of the basins and the structure of the crust, and on more general interplate and intraplate processes. The orogens usually had a complex and composite character inherited from the composite structure and pattern of the sedimentation systems. Thus, the complex Srednogorie volcanic island arc system consisted of separate basement-built islands, and of individual diachronously set on and evolving troughs. It evolved in Late Maastrichtian times through folding and complex thrusting into the Srednogorie orogen. The latter and its frontal arc (Morava-Rhodope zone) were subject to intense Palaeocene to Middle Eocene extensional collapse. Crustal areas built of light masses (migmatites, Palaeozoic and Mesozoic granites) exhibit a steady uplift tendency due to isostatic forces, and local rheological contrasts between basement and mantle have favoured their transformation in domal or horst structures. Palaeogene sedimentation occurred mostly in grabens situated between the uplift structures, and the sediment composition reflected a provenance from adjacent horsts. In the same time, linear marine troughs continued to evolve to the north (Balkan and Forebalkan). The Mid-Eocene retrocharriage thrusting in the Stara planina belt, and possible coeval thrusting events in the Rhodope

region were followed by extensional collapse in Late Eocene and Early Oligocene times. Extension proceeded again in different manner in function of scale, configuration of near-surface structures, crustal thickness, and influence of existing or newly-formed fault belts and large faults. Collapse of the thickened crust and related decompression triggered in Late Eocene – Early Oligocene times melting at different depths, with mixing and mingling of magmas of mantle and crustal origin. The marine regression in Late Oligocene times was closely followed by transtension along some of the principal fault belts (Maritsa, Strouma, Sava), and formation of huge lakes. In earliest Miocene times a compression phase formed the Balkan orogen, and changed from transtension to transpression the stress state along the fault belts. Early to Middle Miocene planation followed, thus forming the principal peneplain of the Balkan Peninsula.

Neogene tectonic movements followed several principal mechanisms that led to a new disintegration into a block mosaic: (1) Final shaping of the two orogen “branches” and orogenic collapse of the thickened continental crust (the Central-Balkan neotectonic region); (2) Continuing subduction under the Aegean arc, and back-arc extension; (3) Relative motions of the microplates; (4) Right-lateral strike-slip along main fault belts; (5) Continuing role of subducted lithospheric slabs; (6) Isostatic phenomena; (7) Irregular melting processes in depth; (8) Updoming and rifting; (9) Crustal extension and necking. The principal fluvio-lacustrine systems set on in Middle Miocene times, and continued their evolution throughout Neogene and Quaternary times. A few episodes of drastic change in the rate of vertical and horizontal movements along the principal fault belts are recorded, the most important being in Late Pontian and in Late Pliocene times.

Two composite collapse centers were activated diachronously in SE Europe (Fig. 1). They coincided with the loops of the Alpine orogenic edifices, and possessed different collapse behaviour and rotation characteristics.

## МЕХАНИЗМИ НА КЪСНОАЛПИЙСКА ЕКСТЕНЗИЯ В ИЗТОЧНАТА ЧАСТ НА БАЛКАНСКИЯ ПОЛУОСТРОВ

*Иван Загорчев*

Алпийските орогени на Балканския полуостров могат да се отнесат към два типа. Първият е представен от орогени (Динариди-Албаниди-Хелениди; Вардариди), образувани за сметка на предишни тетиски океански и ръбни басейни. Основната деформация в тях е свързаната със субдукция, имбрикация на океанска кора с елементи на континенталния склон и ръбни дъги. Вторият тип е представен от орогени (Средногорие, Балканиди), получени от перитетиски басейни, епиконтинентални островни дъги, рифтове, флишки и моласови трогове (Dabovski et al., 2002; Cavazza et al., 2004). Основният деформационен процес е интраконтиненталната колизия и/или свързана с първостепенни разломни пояси транспресия. През по-голямата част от алпийското развитие тези два типа тектонски и геодинамични обстановки са разделени от домен, изграден от удебелена континентална кора – Тракийското плато. Разположено на ръба на Евразийския континент с Тетиса, то е представлявало в следпалеозойско време район на плитки басейни (Перитетис, Паратетис) и островни дъги, при продължаваща ексхумация на метаморфни и интрузивни скали с кадомска, херцинска и алпийска възраст.

Екстензионните процеси в късноалпийските орогени на Балканския полуостров имат различни механизми и рисунък (Загорчев, 2001; Zagorchev, 2004), като са сравними с механизмите, установени в други региони (напр. Dewey, 1988; Rey et al., 2001). Тези особености зависят както от конфигурацията на басейните и строежа на кората, така и от общи процеси, протичащи между земекорните плочи, в тяхната вътрешност и в по-дълбоките части на литосферата и астеносферата.

Къснокредният Средногорски ороген е имал композитен характер. Той е образуван за сметка на сложно устроената Средногорска вулканска островнодъгова система, състояща се от острови, изградени от скали на фундамента и от къснокредни диахронно заложи и еволюиращи частни трогове. Северновергентното нагъване и навличане на къснокредния Средногорски ороген и вероятно едновременни навличания към север и юг в Родопския регион са последвани от екстензионен колапс. Орогенът е подложен на бързо

издигане и денудация, като през данския век върху него се развива речна система, дренираща го към Еминския флишки трог и неговите заливи. Така цялата Моравско-Родопска фронтална дъга заедно със Средногорския ороген са еволюирали в палеогенски екстензионни системи.

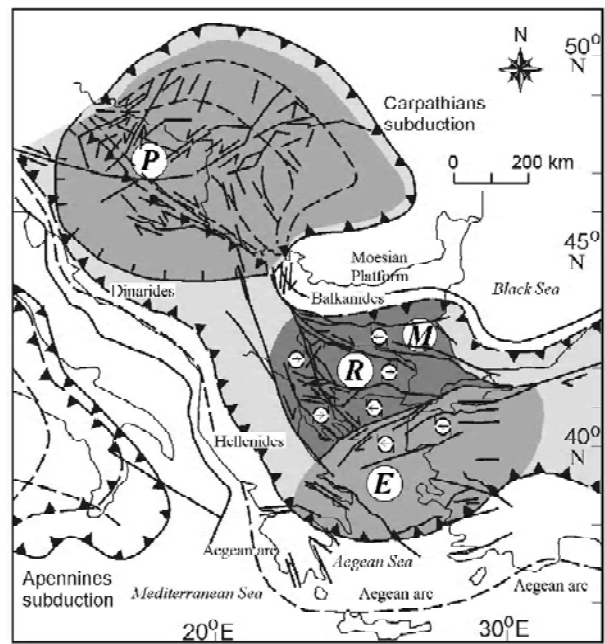
В резултат на палеоценска до средноеоценска екстензия в Моравско-Родопската зона се образуват грабени, изпълнени предимно от континентални, зле сортирани теригенни седименти, като техният късов и минерален състав отразява състава на съседните хорстове. Участъците, изградени от леки корови маси (мигматити, палеозойски и мезозойски гранити) показват постоянна тенденция на издигане поради изостатични сили, а локалният реологичен контраст между фундамент и покривка благоприятства преобразуването им в куполни или хорстови структури. Раннопалеогенската седиментация е протичала предимно в континентални грабени или плитки заливи, разположени между куполите. В същото време на север продължава еволюцията на линейно-удължени морски трогове (Старопланинска зона).

Средноеоценските ретрошариажни навличания в Старопланинската зона и вероятните едновременни с тях южновергентни навличания в Родопския регион са били последвани от къснооценско-ранноолигоценски екстензионен колапс. Екстензионните процеси са протичали по различен начин в зависимост от мащаба, конфигурацията на приповърхните структури, дебелината на кората и влиянието на съществуващи или новообразувани разломни пояси и големи разсеци. Някои от куполите и хорстовете в Моравско-Родопската зона са продължили издигането си, докато други са подложени на колапс и дезинтеграция. Къснооценско-ранноолигоценската морска седиментация е ингридирала главно по периферията на Родопския регион. Колапсът на удебелената кора и свързаната с него декомпресия са предизвикали разтапяне на различни дълбочини и смесване на мантии с мантиен и коров произход (Harkovska et al., 1998). Разпределението на магмообразуващите центрове се е отразило в разпределението на интензивния вулканизъм (магмотектонски зони) и малкото интрузивни центрове. Комплексният екстензионен колапс на

Родопския регион го определя като един от основните колапсови региони на Паратетиса (Фиг. 1). Морската регресия в началото на късния олигоцен е била последвана от трансензионен режим по основните разломни пояси (Маришки, Струмски, Савски) и образуване на големи езера. Рифтингът по дължината на главните разломни пояси става основен екстензионен механизъм като комбинацията на отседни и разседни движения води до локално образуване на басейни тип pull-apart. В самото начало на миоценската епоха последната значителна алпийска компресионна фаза дооформя Балканския ороген като сменя тектонския режим по основните разломни пояси от трансензионен в транспресионен. Десните отсядания по тях се комбинират с навличане и затваряне на езерата. Следва ранно- до средномиоценска планация, при която се образува главният пенеплен на Балканите.

Неогенските движения водят до нова дезинтеграция на областта в блокова мозайка, като се извършва по различни тектонски механизми: (1) оформяне чрез издигане и образуване на позитивни линейни морфоструктури на двата главни палеогенско-миоценски орогенни “клона” и орогенен колапс на удебелената континентална кора на платото; (2) Продължаваща субдукция под Егейската дъга и заддъгова екстензия в Егейския басейн; (3) Относителни движения на микроплочите (Анадолска, Балканска, Егейска); (4) Десни отсядания по главните разломни пояси и локално образуване на грабени pull-apart; (5) Продължаващо потъване на откъснати субдуцирани литосферни клинове; (6) Изостатични явления, свързани с области на аномално удебелена или изтънена кора; (7) Дълбочинни процеси на разтапяне; (8) Куполообразуване с рифтообразуване в кулминациите или по дължината на регионални отседи; (9) Корова екстензия и мегабудинаж на различни дълбочини. Кинематиката на движенията на отделните блокове е била контролирана от по-обща или от локални фактори. Основните речно-езерни системи са били заложили през средномиоценско време като еволюцията им продължава през целия неоген и кватернер. Установени са няколко епизода на драстични изменения в скоростта на вертикалните (разсядане) и хоризонталните (отсядане) движения като най-важните от тях са през късния понт и през късния плиоцен.

Основните черти на екстензионния колапс на късноалпийските орогени в Югоизточна Европа



Фиг. 1. Късноалпийска орогенна еволюция на Балканския регион (основа по Carminati et al. в Cavazza et al., eds., 2004; допълнена с главните разломни пояси и разломи. Главни области на орогенен колапс: R – Родопска (палеоцен – ранен олигоцен), P – Панонска (късен олигоцен – среден миоцен), E – Егейска (късен миоцен - кватернер), M – Маришка (палеоген и неоген). Показани са предполагаеми блокови ротации.

Fig. 1. Late Alpine orogenic evolution of the Balkan region (based on Carminati et al. in Cavazza et al., eds., 2004; complemented with major fault belts and faults) and the principal areas of extensional collapse: R – Rhodope (Palaeocene – Early Oligocene), P – Pannonian (Late Oligocene – Middle Miocene), E – Aegean (Late Miocene - Quaternary), M – Maritsa (Palaeogene and Neogene). Inferred block rotations shown as arrowed circles.

могат да се резюмират по следния начин: (1) Екстензионният колапс се проявява главно от континенталната страна на границите между плочите; (2) Съществена роля играе удебелената континентална кора на Тракийското плато; (3) Роля играят и някои субдуцирани литосферни клинове, които са се откъснали и потъват в астеносферата; (4) Различни екстензионни механизми са действали едновременно в линейните орогенни постройки в платото и при отварянето на отделни трогове и рифтове; (5) Колапсът на удебелената кора е взаимодействал с движения по дължината и напречно на границите между плочите; (6) В ЮИ Европа могат да бъдат очертани два композитни центъра на екстензионен колапс, протичащ в различно време и при различни доминиращи

механизми: Тракийски и Панонски. Всеки от тези два центъра е свързан със своеобразно раздуване на орогенните постройки, дължащо се на дивергентното навлачно “разтичане” на централните части, което в екстензионния етап преминава в техния колапс при комбиниране с дясна ротация. Тракийският център се характеризира с доминираща субмеридионална екстензия. През неогенския етап той се състои от три главни части:

Родопско ядро (екстензионен колапс през палеогена, позитивни тенденции през неогена, дясна ротация), Маришка система (разширяване на грабените към изток в съответствие с десните отсядания по Маришкия разломен сноп; лява? ротация) и Егейска система (разширяване на грабените към запад в съответствие с десните отсядания по Средноместенския разлом и Североанадолската разломна зона; лява? ротация).

## Литература

- Cavazza, W., F. Roure, W. Spakman, G. Stampfli, P. Ziegler (eds.) 2004. *The Transmed Atlas*. Part One – Printed volume, 141 p; Part Two – CD-ROM. Springer, Berlin Heidelberg.
- Dabovski, C., I. Boyanov, K. Khrichev, T. Nikolov, I. Sapounov, Y. Yanev, I. Zagorchev. 2002. Structure and Alpine evolution of Bulgaria. – *Geologica Balc.*, 32, 2-4, 9-15.
- Dewey, J. 1988. Extensional collapse of orogens. – *Tectonics*, 7, 1123-1139.
- Harkovska, A., P. Marchev, Ph. Machev, Z. Pecskey. 1998. Paleogene magmatism in the Central Rhodope area, Bulgaria - a review and new data. – In: Christofides, G., P. Marchev, G. Serri (eds.), *Tertiary magmatism of the Rhodopian region*. *Acta Vulcanol.*, 10, 2, 199-216.
- Rey, P., O. Vanderhaeghe, C. Teysier, 2001. Gravitational collapse of continental crust: Definitions, regimes, mechanisms and modes. – *Tectonophys.*, 342, 435-449.
- Zagorchev, I. 1992. Neotectonics of the central parts of Balkan Peninsula: basic features and concepts. – *Geologische Rundschau*, 81, 635-654.
- Zagorchev, I. 2004. Extensional collapse of the Late Alpine orogens on the Balkan Peninsula. – 32 *IGC, Florence, Abstracts* (CD), 280-7.
- Загорчев, И. 2001. Екстензионни неозойски процеси и структури в България и Източното Средиземно море. – *Спис. БАН*, 3, 27-37.