

## ГЕОДИНАМИЧЕН МОДЕЛ НА КВАТЕРНЕРНИ ТЕКТОНСКИ ПРОЦЕСИ В СОФИЙСКАТА СЕИЗМОТЕКТОНСКА ЗОНА

*Георги Алексиев<sup>1</sup>, Маринела Агаларева<sup>2</sup>, Георги Желев<sup>3</sup>*

На основата на задълбочен структурно-геоморфоложки анализ върху симетрията на надлъжната и напречната диференциация на геоморфоложкото пространство, генетичната типизация на разседните структури и литолого-стратиграфските и фациалните особености се цели да се разкрие сеизмотектонският модел на преки и косвени пространствени и динамични връзки между размаха на кватернерните, особено холоценските тектонски деформации и съвременната напрегнатост на земната кора, от една страна, и сеизмологичния потенциал и опасност, от друга.

**Ключови думи:** Софийска сеизмотектонска зона, кватернерни трансформации, тектоника

## A GEODYNAMIC MODEL OF QUATERNARY TECTONIC PROCESSES WITHIN THE SOFIA SEISMIC AND TECTONIC ZONE

*Georgi Alexiev, Marinela Agalareva, Georgi Jelev*

On the basis of a structural-geomorphological analysis of the deformation of the benchmark initial denudation surface area, the supporting foothill Gelasien and early Pleistocene inclined levels, the spectrum of river terraces, the changes in the thickness of Neogene and Quaternary lithologically stratigraphic and lithologically facial vertical sections and the stratification of ancient and young alluvial-diluvial-proluvial mantle trains, the network of contrasting tectonic deformations which underly the pattern of block-mosaic morphological structure of the central segment of the Sofia seismic-tectonic zone has been identified. In morphotectonic aspect, Sofia seismic and tectonic area is within the scope of the high west block foot of the Kraishte-Srednogorie morphotectonic zone. In the current plastic of the Earth crust, the foot

---

<sup>1</sup> Департамент География в НИГГТ – БАН;

<sup>2</sup> ВТУ „Св. св. Кирил и Методий“;

<sup>3</sup> Институт за космически изследвания и технологии – БАН, gjelev@space.bas.bg

is demonstrated as an integrated and deep, peneplanationed, oro-structural pedestal. In its morphotectonic style, a complex block-mosaic structure has been diagnosed, which is determined by the presence of several major submeridionally-oriented fault structures: Kolosh, Tran-Kosharevo, Pernik and Zadbalkan. These major fault structures outline the spatial parameters of a system of sub-parallelly alternating oro-structural chains with graben depressions and valleys between the mountains. The northern oro-structural frame of the seismic and tectonic zone is outlined by the massive segment of the West Balkanide horst-block morphostructure. The central place in the internal structure of the studied area is occupied by the linearly withdrawn from the southeast to the northwest Ruy-Plana swell-shaped horst-imaged ascent, with relatively stable mode of slow and moderate positive neo-tectonic deformations. The southern fence-frame of the central segment of the Sofia seismic and tectonic zone is formed by the asymmetric Verila, Kolosh and Zemenska Mountains' oro-structural morpho block. In the spaces between the central swell-shaped ascent and the southern and northern fence-frame of the studied area are - unilaterally imposed - the Radomir and Sofia graben valleys. The main geotectonic process, which determines the general regularities in the spatial location of the earthquakes, is the dominant regional subductional extensional and transforming mode after Early Paleogene stage of the development of the research area. In this background, within the frames of the researched area, the basic seismogenerating morphostructures appear to be the unilaterally set and asymmetric graben morphostructures: the ones of Radomir, Sofia and Pernik. The basic energy of the impulse tectonic processes is generated by the appearance of tensions of extension and active subequatorial and sub-parallel abruptions, and as a result of it - a mechanism of step-like differentiation of their hollow foundations occur most often. Quaternary geodynamic localities fixed by contrast listric fault deformations are formed. A map of the spatial values of Quaternary tectonic processes and linear abruptions along the Early Quaternary and especially Holocene listric faults – the ones of Kalishte, Kolosh, Izvor, Chervena Mogila, Radomir, North Vitosha, Iskar, Bezden-Gorna Malina and Rudartsi-Divotino fault-flexure zone, etc. has been drawn up. The values of deformations along those faults range between 40 and 100-120 m. The highest values of deformations are found along the length of the fault planes of Kolosh, Izvor, Kalishte, Bezden-Gorna Malina, North Lozen and North Vitosha, as well as the Iskar submeridional fault. On the basis of the morphotectonic model, a direct spatial and dynamic relation between the seismic potential on one hand, and the Quaternary extensional mechanism of formation of the block-mosaic structure in the central segment of the Sofia seismic zone on the other, has been found.

**Keywords:** morphotectonics, geomorphology, neotectonics, geodynamics, listric faults

## ВЪВЕДЕНИЕ

През последните десетилетия кватернерните модели за механизма на ендогенна морфогенеза заемат важно място и роля при оценката на сеизмологичния потенциал и опасност. Причината за това се крие в ценността и необходимостта от историко-генетични реконструкции на къснокватернерните и особено на холоценските трансформации, които са свързващ елемент с резултатите от ин-

струменталните наблюдения на съвременната напрегнатост на земната кора при изграждането на сеизмотектонските модели. Те са в основата на сеизмологичните районираня и оценка на сеизмологичната опасност и риск. Изследванията, проведени в най-активните сеизмогенни зони, доказаха, че земетресенията с висока енергия/магнитуд са свързани с активните кватернерни локалитети, очертани от контрастни кватернерни дислокации в рамките на дисиметрични грабенови понижения, намиращи пряка изява в пластиката на земната кора. Изхождайки от тези основания в регионален мащаб и в редица напреднали страни (САЩ, ЕС, Русия, Мексико, Япония, Италия, Чили и др.), се пристъпи към създаването на карти и атласи на сеизмологичната опасност и риска с привличане на данни за активните кватернерни тектонски процеси (Vannuci et al., 2004; Mico et al., 2012, и др.).

В пределите на централния сегмент на Софийската сеизмотектонска зона, или Пернишката котловинна морфоструктура, на 29.01.1965 г. в 01 h 30 min, населението от Перник, Радомир и околните села е обезпокоено от подземен трус с  $M=4,5$ . Земетресението е причинило сериозни материални щети – повреди на значителна част от жилищната инфраструктура. След 50-годишен период е регистриран и усетен подобен подземен трус и макросеизмични ефекти – на 22.05.2012 г. в 03 h 00 min 33 s се проявява първият и най-силен трус с  $M=5,8$  и епицентър на границата на землищата на селата Мещица и Витановци, разположени на 5 km северозападно от центъра на гр. Перник. Този подземен трус е начало на поредицата от афтершокови трусове в източния сегмент, или Пернишкото субструктурно понижение, от Пернишко-Красавския морфотектонски коридор. Началната информация е за земетресение с  $M=5,8$ , но по-късно са коригирани на  $M=5,6$ , а интензивността на земетресението се оценява на VI степен по скалата на МШК (Медведев, Шпонхоер и Карник), като върховото земно ускорение на скалната основа е  $0,1783 \text{ g/cm}^3$ . Земетресението е усетено от населението на градовете София, Перник и Радомир и околните селища, като подземният трус причинява сериозни повреди основно на старата жилищна и промишлена инфраструктура. Регистрирани са поражения на над 8000 сгради от селищната мрежа (снимки 1, 2, 3).

Целта на статията е на основата на задълбочен структурно-геоморфоложки анализ върху симетрията на надлъжната и напречната диференциация на геоморфоложкото пространство, генетичната типизация на разседните структури и ли-



Снимка 1



Снимка 2



Снимка 3

толого-стратиграфските и фащиалните особености да се разкрият преките и косвените пространствени и динамични връзки между размаха на кватернерните, предимно холоценските тектонски деформации и съвременната напрегнатост на земната кора, от една страна, и сеизмологичния потенциал и опасност, от друга.

## МЕТОДИ И ИНФОРМАЦИЯ

При изучаването на тектонските процеси с кватернерна възраст водещи методи са структурно-геоморфоложките. Между тях на първо място в изследванията са преките признаци за симетрията в надлъжната и напречната диференциация на съвременната пластика на земната кора, морфология и генезис на мрежата от активизирани разседни структури, отразени в пластиката на земната кора, анализът на деформациите на опорните нива с кватернерна възраст – речни терасни нива, и анализът на промените в дебелините и литолого-фащиалните особености на кватернерните наслаги и др.

Изследването на кватернерната тектоника в България има стари традиции. Този въпрос намира място в работите на български геоморфолози и геолози още в средата на миналия век (Яранов, 1960; Гълъбов и др., 1966). Тази идея по-късно е доразвита (Вапцаров и др., 1983; Мишев и др., 1987; Вапцаров и др., 1990; Алексиев и др., 1994; Алексиев и др., 1996; Алексиев, 1997; Алексиев и др., 1999). За изясняване характера и размаха на кватернерните и съвременните деформации в региона допринасят разработките на Алексиев и др. (2002, 1995, 1997), Georgiev et al. (2011), Рангелов и др. (2014).

Централният сегмент на Софийската сеизмотектонска зона е регион, към който отдавна се проявява траен научен интерес. По исторически данни едни от най-разрушителните земетресения са станали през 1818, 1858, 1917 г. за Софийския регион и проявилите се през 1965 и 2012 г. за Радомирско-Пернишкото сеизмологично огнище на дълбочина от 9-12 km (Алексиев, 1995; Алексиев и др., 1997; Mucho et al., 2012; Рангелов и др., 2014).

Във връзка със станалото земетресение на 22.05.2012 г. и с оглед изясняване на геоморфоложките критерии за сеизмологичния потенциал в обсега на централния сегмент на Софийската сеизмотектонска зона, авторите на настоящата статия проведоха специализирани структурно-геоморфоложки изследвания (фиг. 1 - приложение). Получените резултати позволяват да се приеме, че централният сегмент на Софийския сеизмологичен регион се откроява със специфичен механизъм на сеизмотектонския модел, допълващ в значителна степен познатите преки и косвени геолого-геоморфоложки свойства за сеизмичността в нашата страна и го прави надежден регион за подобни моделни изследвания.

## МОРФОТЕКТОНСКО РАЗВИТИЕ НА СОФИЙСКАТА СЕИЗМОТЕКТОНСКА ЗОНА

От проведения задълбочен структурно-геоморфоложки анализ в рамките на централния сегмент на Софийската сеизмотектонска зона аргументирано се доказва доминиращото място на блоковия тип морфоструктури, разграничени от различни по порядък и генезис субекваториално ориентирани разлом-

ни структури. Това се идентифицира и напълно потвърждава от задълбочените структурно-геоложки и геоморфоложки изследвания, проведени от редица изследователи (Яранов, 1960; Ек. Бончев, 1971; Гочев, 1991; Дабовски, 1991; Вапцаров и др., 1982; Алексиев, 2009).

Регионалният геотектонски синтез и проведените локални структурно-геоморфоложки изследвания показват, че Софийската сеизмотектонска зона попада в рамките на линейно изтегленото Банат-Крайщенско-Средногорско междудъгово понижение (трог), развито върху тънка (25-35 km) континентална кора в южната активна крайнина на Мизийско-Понтийската плоча (Начев и др., 2003). Формирането на това понижение се свързва с водещата роля на регионалния субдукционен-екстензионно-трансформен режим през късноалпийския тектонски цикъл. Този трог е наложен с паралелен и ълов дискорданс върху хетерогенни и разновъзрастни геоложки структури – ранноалпийски, ранноавстрийски, но главно късноавстрийски структури, които частично или напълно са денудирани и се разкрива доалпийският фундамент (Гочев, 1991; Дабовски, 1991; Dabovski et al., 2002; Спиридонов, 1999; Начев и др., 2003; Алексиев, 2009). Неотделим и доминиращ съставен елемент в обсега на централния сегмент на Софийската сеизмотектонска зона е алпийският надстроечен комплекс, който включва следните структурни етажи: триаско-юрски, горнокреден, младопалеогенски и неоген-кватернерен, които намират пряко отражение в съвременната пластика и структура на региона.

От анализа и интерпретацията на геофизичните данни в дълбочинния строеж на Софийската сеизмологична зона ясно се диагностицират три пластини, разграничени от вълновод и границите „Конрад“ и „Мохо“, доказващи хоризонталното разслоение на земната кора (Дачев, 1988). Главните геофизични граници плавно денивелират от север на юг, като границата „Мохо“ от 30 km дълбочина под Мизийската платформа плавно се понижава до 40-50 km под Рило-Родопския масив.

Софийската сеизмотектонска зона попада в обсега на Югозападната високо геотермална зона (Dobrev et al., 2006). От анализа на плътността на геотермалното поле се установява, че то се отличава с максимални стойности на приповърхностния топлинен поток за страната (от 60 до 80 mW/m<sup>2</sup>). Във вътрешната структура на тази субмеридионална, подчертано коровомантийна геотермална зона, ясно се отчленяват два локалитета: Софийската геотермична аномалия с най-висока плътност на топлинния поток и Рило-Пиринската просторна геотермална аномалия. Тази „подгрята“ геотермална зона е сегмент от основния геоенергиен потенциал на страната. Пространствените параметри на Софийската сеизмотектонска зона напълно се корелират или се явяват напълно комформни на северния сегмент от Югозападната геотермална зона.

При анализа на структурата на топлинното поле на различни дълбочини в земната кора (от 0,5-5-10-20 до 30 km) е потърсена и пространствено-генетична връзка между отличителните черти на отделните геотермални аномалии (огнища на генериране и концентрация на топлина), тяхната енергоемкост като причина за напрегнатостта в рамките на обемните и линейни структурни форми, от една страна, и тяхното геодинамично поведение, от друга (Dobrev et al., 2006).

В морфотектонско отношение *Софийската сеизмотектонска зона* заема централно място в обсега на високото западно блоково стъпало на Крайщен-

ско-Средногорската морфотектонска зона. В съвременната пластика на земната кора то се демонстрира като интегриран и дълбок пенепленизиран ороструктурен пиедестал. Неговите теменни ареали са дискордантно срязани от инициалната и изходна денудационна повърхнина, развита на около 1000-1400 m, на фона на която се откроява Витошката куполна морфоструктура (Алексиев, 1994, 1997). Морфотектонският стил на пиедесталния сегмент интегрира сложна блоково-мозайчна структура, която се определя от наличието на няколко главни субмеридионално ориентирани разломни структури: Колошката, Трънско-Кошаревската, Пернишката и Задбалканската. Те очертават пространствените параметри на система от субпаралелно редуващи се ороструктурни вериги с междупланински грабенови понижения и котловини (фиг. 1).

*Северната ороструктурна рамка* на сеизмотектонската зона се очертава от масивния сегмент на Западнобалканидната хорстово-блокова морфоструктура. В нейния вътрешен строеж ясно изпъква главният ороструктурен корпус на Кознишко-Ржанско-Мургашката верига, билните пространства на която са дискордантно срязани от първичната и неколукратно репланирана изходна денудационна повърхнина. Отделни фрагменти от нея са развити в хипсометричния диапазон от 1800 до 2000 m.

Гънково-навлачният строеж на веригата има масивен ороструктурен стил – блоково-разломният строеж е с вертикален размах около 1400 m от подножието до билните части на корпуса. В неговия вътрешен строеж се откроява листричното Чепънско-Софийско линейно склоново стъпало, теменните участъци на което са развити в хипсометричния пояс 1000-1200 m.

Във *вътрешната морфотектонска структура* на изследвания регион средишно място заема линейно изтегленото от югоизток на северозапад Планско-Руйско валообразно хорстовидно издигане със сравнително стабилен режим на бавни и умерени позитивни неотектонски деформации. В неговата вътрешна морфотектонска структура са интегрирани Верило-Голобърдско-Черногорската и Витошко-Люлинско-Завалската ороструктурна ивица. В междинното пространство върху хетерогенна основа е наложен и интегриран в общата позитивна морфоструктура пасивният в морфотектонско отношение Пернишко-Красавски младопалеогенски (приабон-олигоценски) котловинен коридор. На фона на този вътрешен вал рязко се откроява с активно неотектонско развитие и повишена съвременна динамика Витошката куполна морфоструктура.

*Южната оградна рамка* на централния сегмент на Софийската сеизмотектонска зона се оформя от асиметричния Верило-Колошко-Земенски ороструктурен морфоблок. В неговата надлъжна ориентация ясно се идентифицира екваториална диференциация със стъпаловидна орографска директриса, която обуславя стила на теменните участъци, развити в широк хипсометричен диапазон от 800 до 1500 m. В орографската структура ясно се откроява асиметричен стил на ороструктурната ивица – стръмен разседно обусловен северен макросклон и стъпаловиден южен, оформен от морфоложки представителни подножни наклонени нива, които срязват седиментния и лекоподатлив на денудация младопалеогенски структурен етаж.

В геоморфоложкото пространство южно от масивната Балканидна ороструктурна рамка едностранно е заложена Софийската котловинна морфоструктура. Нейният южен борд се оформя от широкото Руйско-Планско валообразно

издигане. В пластиката на земната кора котловинната морфоструктура се откроява като асиметрична котловина, наложена върху хетерогенната геоложка основа на Банат-Средногорско-Понтийския трог, развит в южната активна окрайнина на Мизийската плоча (фиг. 1).

Със своята напречна и надлъжна диференциация, типовете долинна мрежа, обобщен тектономорфен стил, вътрешен строеж и структура Софийската грабенова котловина разкрива своята асиметрична морфотектонска природа, парагенетично свързана с ендеогенната морфогенеза. От детайлния структурно-геоморфоложки анализ на триадата „релеф-вещество-структурна форма“ се долавя водещото място и роля на регионалния късноалпийски екстензионен режим на морфогенеза в пластиката на Софийската котловина (Алексиев, 2009).

Алувиалната низина в рамките на Софийската котловина съвпада с широката основа на главната транзитна долина на р. Искър. В сегмента от Панчарево до с. Биримирци към нейното корито центростремително са насочени две главни приточни речно-долинни системи – на реките Блато и Лесновска. Този сегмент на котловинната основа е леко наклонена от 650 m на юг до 500 m на север. В северния сегмент на котловинното дъно се отчленява алувиална основа, която се разширява в посока на двете срещуположно изтеглени главни приточни долинни системи – на запад линейно понижение по долината на р. Блато и локалното аномално понижение, което се разширява в източния сегмент на котловинното дъно по долината на р. Лесновска. Морфохидрографската ос на това локално понижение е ориентирано в северозапад-югоизточна посока и е развито субпаралелно на северния борд на Софийската грабенова депресия, обусловен от отрицателните деформации по плоскостта на Негушевската листрична раседна структура и Чепън-Горномалинската раседно-флексурна зона. Убедителни доказателства за кватернерната активност в обсега на линейното понижение са дебелите алувиално-пролувиални наслаги, аномалното пространствено развитие на заливните алувиални тераси и липсата на пълния спектър от речни тераси по дължината на центростремителната речно-долинна мрежа.

От геоложките, геофизичните и особено от сондажните данни се разкрива, че Софийската грабенова котловина има сложен вътрешноблоков строеж. Той се свързва с механизма на блоково-разломното разпадане на нейната основа в условията на екстензионен тектонски режим, или възникне на напрежения на опън и субпаралелни раседни разкъсвания. Този режим определя едностранното заложение, асиметричния геоложки строеж и морфотектонския стил на котловината. Южният фрагмент от котловинното дъно е по-високо издигнат и с по-малка дебелина на неогенската надстройка, а в северния сегмент котловинното дъно е по-дълбоко потънало. Доказателство за това е повишаване дебелината на неогенските седименти от юг на север. Тяхната дебелина варира от 60 m при Овча купел и достига до 800 m към плоскостта на Негушевската листрична раседна структура (Вапцаров и др., 1973). Вертикалният разрез на неогенските седименти затъва на север/североизток с наклон от 8 до 10° по посока на раседната структура. Освен това с увеличаването на дебелината на неоген-кватернерния комплекс се наблюдава и увеличаване на броя на вместиените в тях възгледни хоризонти. Всичко това свидетелства и доказва, че Софийската котловина е едностранно заложена грабенова депресия по дължината на Задбалканския разлом (Алексиев и др., 1997).

В пластиката на земната кора между Руйско-Планското валообразно издигане от север и Верило-Колошката орогенна ивица от южната страна е еднострано наложената Радомирска грабенова котловина, която ясно показва висока степен на геолого-геоморфоложка конформност. В пластиката на земната кора тя се откроява като асиметрична котловина върху хетерогенната геоложка основа на Банат-Средногорско-Понтийския трог и квазиплатформени фрагменти от южната периферия на Мизийската плоча (фиг.1).

На основата на анализа на симетрията в напречната и надлъжната диференциация на пластиката на земната кора, типовете долинна мрежа или тектонорморфния стил, вътрешен строеж и структура Радомирската грабенова котловина разкрива своята асиметрична морфотектонска природа. Свидетелство и доказателство за това е, че в напречната диференциация на грабеновата котловина се диагностицира дисиметричен напречен профил – северна ороструктурна рамка, която плавно придобива стъпаловиден стил (било, разломна плоскост, наклонено подножие и алувиална низина) и масивен, стръмен южен борд, парагенетично свързани с ендегенната морфогенеза. От детайлния структурно-геоморфоложки анализ на триадата „релеф-вещество-структурна форма“ се разкрива лидиращата роля на регионалния късноалпийски екстензионен модел на морфогенеза в пластиката на Софийската котловина (Алексиев, 2009).

Алувиалната низина в рамките на Радомирската котловина съвпада с центростремителния тип речно-долинна мрежа на главната отводнителна артерия – р. Арката. В сегмента от с. Делян на изток/югоизток до вливането ѝ в транзитната долина на р. Струма при с. Прибой котловинната основа е леко наклонена на запад/северозапад – от 700-650 до 600-620 m. В източния сегмент на котловинното дъно в отделни участъци алувиалната низина се разширява по посока на приточните долини, отводняващи оградните орографски рамки – Диканска, Матица, Барата и др. На запад между с. Извор и жп спирка „Канджулица“ е формиран тесен и нисък субмеридионален напречен праг – до 12 m над околната алувиална низина. Представява остатъчен палеофрагмент от палеогенския Калищенски напречен праг. Той е формиран от заложенето на Изворския субмеридионален разсед с къснокватернерна възраст. Последният преориентира долината на р. Арката на северозапад. Това обуславя формирането на дъговидно аномално понижение, което плавно се свързва с алувиалната низина на транзитната долина на р. Струма. Пряка изява от проявите на активните тектонски напрежения и отрицателни деформации по дължината на Изворския разсед през кватернера са следните явления: преориентация на долината на р. Арката на северозапад към транзитната долина на р. Струма; рязка промяна в дебелината на кватернерните наслаги в близоост до разседната плоскост на Колошката листрична разседна структура, проявата на масови заблатявания и др., на фона на които се открояват – Герена, Раковишко и Негованско блато.

Към най-ниските участъци от алувиалната котловинна основа е привързана и главната морфохидрографска ос – долината на р. Арката. Тя е ориентирана в северозапад-югоизточна посока, като е развита субпаралелно и в близост до южния борд на Радомирската грабенова депресия, обусловена от отрицателните деформации по плоскостта на Колошката разседна структура. Свидетелство за това е привързаният към нейната плоскост перманентно потъващ алувиално-делувиално-пролувиален шлейф от наложени наносни конуси. Убедителни

доказателства за кватернерната активност в обсега на широката алувиална низина са дебелите от 80 до 100 m вертикални разрези на кватернерните алувиално-пролувиални наслаги, масовите заблатявания (Негованско, Раковишко блато, Герена и др.); аномалното пространствено развитие на заливните алувиални тераси и липсата на пълния спектър от речни тераси по дължината на центросремителната речно-долинна мрежа.

От геолого-геофизичната информация и особено от сондажните данни се разкрива, че Радомирската грабенова котловина има сложен вътрешноблоков строеж, свързан с механизма на блоково-разломното разпадане на нейната основа в условията на екстензионен режим. Той определя едностранното заложение, асиметричния геоложки строеж и морфотектонски стил. Южният фрагмент на котловинната основа е дълбоко потънал към плоскостта на Колошката разседна структура. Вертикалният разрез на кватернерните наслаги е в диапазона от 60 до 100 m (Яранов, 1960). На юг от Руйско-Планското валообразно издигане е формирано стъпаловидно подножие, включващо два субпаралелни морфоблока, разграничени от Червеномогилския разсед (фиг. 1). По-високо издигнатият карбонатен линеен морфоблок е брониран от тънка и плътно споена покривка от варовикови брекчи. По-ниският блок е разпокъсан от приточната речно-долинна мрежа на р. Арката и пряко контактува с нейната алувиална низина. От запад наклоненото подножие се срязва от субмеридионалната Радомирска разседна структура, по дължината на която е вложена долината на р. Струма. От пресичането на Радомирския субмеридионален разсед с Пернишкия субекваториален разлом в региона на гр. Батановци се оформя обширен кватернерен локалитет на контрастни тектонски деформации. В северна посока Радомирският разсед маркира западната периферия на Усоишко-Стражишкия субмеридионален напречен праг, който ясно разграничава Пернишкото от Брезнишкото субструктурно понижение. Последното се отличава с по-малка дебелина на разреза от палеогенски седименти в сравнение с източния сегмент или от Пернишкото субструктурно понижение. В отсечката между гр. Радомир и Батановци разседната структура разкъсва триаско-юрско-къснокредните и палеогенските седименти, в резултат на което се формира дълбокият и широк Чардакски антецедентен пролом.

Южният борд на Радомирската котловина се оформя от плоскостта на Колошката разседна структура, която се демонстрира от масивен макросклон, акумулативно подножие и система от потънали, наложени наносни конуси, оформящи присклоновия шлейф. Това свидетелства и доказва, че Радомирската котловина е едностранно заложена грабенова депресия по дължината на Колошката листрична разседна структура (Алексиев, 2009, 2012).

**Блоково-мозаичната структура** на Софийската сеизмотектонска зона се определя от няколко главни разломни линии – Задбалканската, Пернишката, Трънско-Кошаревската и Маришката. Тези основни разломни линии интегрират представите за разломни структури в разкритите и погребани под младоалпийските седименти и наслаги в грабеновите депресии. Такива са установените и известни разседи – Негушевският, Искърският, Пернишкият, Трънско-Кошаревският, Колошкият и др. (Яранов, 1960; Бончев, 1971; Тект. строеж, 1973, и др.). При морфотектонския подход особено висока стойност има диагностицирането по геолого-геоморфоложки белези и признаци на мрежата от акти-

визирани през неоген-кватернера разседни структури в пластиката на земната кора – Колошкия, Червеномогилския, Калищанския, Радомирския, Искърския, Северновитошкия, Севернолозенския, Чепън-Горномалинската и Рударско-Дивотинската разседно-флексурна зона.

В рамките на Софийската сеизмотектонска зона попадат и фрагменти от Банат-Средногорската вулканска островна дъга с къснокредна и раннопалеогенска възраст. Това е представителният фрагмент от линейно изтеглената Планско-Витошко-Завалска ивица от вулcano-плутонични и вулкански структури (Дабовски, 1980; Вапцаров и др., 1997).

На основата на проведения структурно-геоморфоложки анализ на тектономорфните свойства и взаимоотношения в триадата „релеф-вещество-структура“ се установява, че развитието на Банат-Средногорския междудъгов трог, в т.ч. и Софийската сеизмотектонска зона, е тясно свързано със субдукционно-екстензионния модел на морфогенеза или блоково-мозаичното разпадане на неоалпийския бивергентен и асиметричен ороген на Балканския полуостров (Алексиев, 2009). Синкинематично с активната континентална тафрогенеза (рифтогенеза) от дълбочина се формира възходящ топлинен магматичен поток, който обуславя ексхумиране на ниските и средните нива на земната кора. Възниква и се формира морфоген от ексхумирани метаморфни ядра (сводови и куполни морфоструктури) и пространствено и темпорално свързана система от наложежни околосводови грабеновидни понижения (Гочев, 1991; Дабовски, 1991; Спиридонов, 1999; Алексиев, 2009). Механизмът на формиране на грабенови котловини е свързан с екстензионния режим и заложение на пластични и крехки листрични разседни деформации. Подобният механизъм на формиране обуславя и дисиметричен стил на Пернишката, Софийската и Радомирската котловина. Те са заложени последователно по дължината на Пернишкия, Негушевския и Колошкия листричен разсед през младия палеоген, неогена и кватернера, като са запълнени от бракични и пресноводни басейни, в които се отлагат субфлишки и моласови седименти. Свидетелство и доказателство за парагенетична връзка с едностранния механизъм на заложение на трите грабенови котловини е наклоненият шарнир на котловинните основи (моноклинално) към активните листрични разседни плоскости. Към него са привързани коритата на главните отводнителни артерии и асиметричните геоложки разрези. Това се демонстрира от промените в дебелините на седиментите, увеличаване на броя на възглищните пластове и наклона на пластовете в седиментно-възглищните разрези към активната разседна плоскост. Най-често те са развити дискордантно спрямо нагънатата основа. Едностранното заложение на трите грабена обуславя висока тектонска напрегнатост на опън в обсега на моноклинално затъващите основи на грабеновите структури към разседните плоскости. Натрупването на напрежения на опън в основата на грабеновите котловини обуславя стъпаловидната диференциация на грабеновите основи по дължината на Червеномогилския разсед, Рударско-Дивотинската разседно-флексурна структура и субекваториалния разсед в централните участъци в Софийската котловина (Вапцаров и др., 1973). Това свидетелства за ясни тенденции на развитие на грабените към симетрия и равновесно състояние (фиг. 1).

Доказателство за тази напрегнатост в рамките на котловинните структури е генерираният висок сеизмологичен потенциал и неговата пряка изява – прос-

транстенвената локализация на земетресенията и техният механизъм на хоризонтална екстензионна изява (Рангелов, 2014).

## ЕНДОГЕННО РАЗВИТИЕ ПРЕЗ КВАТЕРНЕРА

През последните години вниманието на геоморфолозите при структурно-геоморфоложките изследвания в регионален и локален мащаб са насочени върху прецизните количествени данни за високата ендегенна геодинамика през кватернера и особено късния плейстоцен и холоцена. За реализиране на тези цели важно място и роля има изучаването на цикличните наклонени подножни нива, високите долинни дъна, спектъра на речни и морски тераси, наложените разновъзрастни алувиално-пролувиални наносни конуси, оформящи акумулативните планински подножия, привързани към активните разседни плоскости. Този полигенетичен формен комплекс, особено подножните наклонени нива и кореспондиращите им високи долинни нива, широко представени в обхвата на Софийската сеизмотектонска зона, се възприемат като опорни, реперни нива за отделянето на кватернера като самостоятелен геоморфоложки етап. Действително в края на пиаченца започва необратима тенденция на редуване на ледникови и междуледникови епохи. През м. август 2009 г. МСК при МСГН приема, че долната граница на кватернера бележи началото на джелаския етаж (2,5-2,3 Ма ВР). Това се потвърждава от установените реликти от Биберското залежаване в Западна Европа. Долната граница се дефинира и от магнитостратиграфската граница между нормалната полярна епоха Гаус и обратната Матуяма.

За количествената оценка на кватернерните трансформации в Софийската сеизмотектонска зона се изследват деформациите на реперното високо джеласко-ранноплейстоценско ниво в обсега на подножията на оградните орографски рамки и хипсометрията на контактната повърхност на кватернерните наслаги със занклин-пиаченски плиоценски седименти в пониженията. От досегашните изследвания на представителното реперно високо старокватернерно наклонено ниво се установява, че покривните старокватернерни алувиално-пролувиални пелени в подножията на планините се намират в ясен ъглов дискорданс с плиоценските седименти в пониженията (Ст. Бончев, 1928; Яранов, 1960; Вапцаров и др., 1983; 1990; Агаларева, 2013, и др.).

В рамките на Руйско-Планското валообразно издигане двете старокватернерни нива са развити като наклонени подножия в южната периферия на Витошко-Завалската вулканска верига. Те са формирани върху меките и подаващи се на размиване приабон-олигоценски седименти, запълващи Пернишко-Красавския коридор, обхванат от общи позитивни деформации и интегриран в структурата на Руйско-Планското валообразно издигане. Тук нивата имат подчертан облик на изходна седиментационна повърхнина, циклично репланирана от приточната долинна мрежа на транзитната долина на р. Струма. Абсолютната височина за високото ниво е на около 800-850 m, а за ниското е 700-750 m. Нивата са фосилизирани от дебел старокватернерен алувиално-пролувиален шлейф. На юг от Витошко-Люлинско-Завалското орографско било старокватернерните нива са денивелирани от Рударско-Люлинско-Дивотинската разседно-флексурна зона. В пластиката на земната кора тя се маркира от една тясна и дълговидно огъната ивица, очертаваща тила на ниското наклонено ниво. Че-

лото на наклоненото нивото е разрито и се очертава като надзаливна тераса, която пряко контактува с алувиалната заливна низина на р. Струма. Локалната разседно-флексурна зона се явява напълно конформна на т.нар. Бучимска синклинална ивица със стръмно северно крило (борд) и полегат южен борд. Към стръмния северен борд са привързани и локални свлачищни склонови масиви в околностите на селата Рударци, Люлин и Дивотино. Освен това разседно-флексурната плоскост е дренирана от топлия минерален извор при с. Рударци. Липсата на ясна и взаимно свързана система от гънкови структури и увеличаване на наклона и вертикалния размах на палеогенските седименти към плоскостта на Пернишкия разлом е доказателство, че котловинният коридор възниква като едностранен грабен, който се доразвива през неоалпийския етап в условията на екстензионен режим и блоково разломно разпадане, а не в зона на синтаксис или свиване.

В подножието на Черна гора и Голо бърдо, или южно/югозападно от долините на реките Струма и Конска, двете наклонени нива срязват предимно дискордантно палеогенските седименти, а в отделни локалитети на региона – напречния праг „Кракра“, манастира „Св. Пантелеймон“ и югоизточно гр. Батановци, и върху триаски глинесто-варовикови седименти. От всичането на долините на реките Струма и Конска нивата са оформени като високи долинни нива, вдаващи се заливовидно към планините, фосилизирани от тънки алувиално-пролувиални покривки с червеникаво оцветяване.

На северозапад от напречния Усоишко-Стражишки праг, или в рамките на Брежнишкото субструктурно понижение, двете нива са развити върху палеогенския цокъл и оформят широките вододелни била, без да се диагностицират индикации за къснокватернерни деформации.

Двете наклонени подножни нива с джеласко-ранноплейстоценска възраст в обсега на Софийската грабенова котловина са разпространени с висока морфоложка представителност. Тяхното диагностициране и доказване като опорни репери за определяне размаха на кватернерните деформации свидетелства и кореспондира с установените представителни кватернерни разрези, включващи дебели алувиално-пролувиални покривни чакъли, фосилизирани от алтернация между шест льосови и седем погребани почвени хоризонти върху плиоценските утайки в Северна България (Яранов, 1960; Агаларева, 2012). На основата на анализа на геолого-геоморфоложката информация в рамките на Софийското котловинно дъно се отделя Искърският субмеридионален разсед в сегмента от с. Герман до Биримирци. Той разграничава два фрагмента в обсега на котловинното дъно, рязко различаващи се по своята морфология, строеж и структура.

На запад от долината на р. Искър, в южна периферия на котловинната основа, ясно се диагностицират две представителни вложени едно в друго подножни наклонени нива с джеласко-ранноплейстоценска възраст. На север от Лозенско-Витошко-Завалския ограден борд двете нива постепенно денивилят от 750 до 500 m н.в. в североизточна посока. Това репрезентативно подножно стъпало се явява напълно конформно на сложното съчетание от три субпаралелни стъпаловидни хорстови блока. Те са фрагментарно фосилизирани от неогенски и кватернерни наслаги. На север от конкавната плоскост на Северновитошката листрична разседна структура се формира субпаралелният Лозенецки морфоблок с обратен наклон на горната повърхност в южна посока. Оформя се сегмент

от тилно линейно понижение с мощен алувиално-делувиално-пролувиален шлейф. Вторият морфоблок се явява конформен на субпаралелното Слатинско стъпало, фрагмент от стъпаловидната диференциация на котловинната основа в северна посока (Вапцаров и кол., 1973; Алексиев, 1994).

В източния сегмент на котловинното дъно алувиалната низина аномално се разширява към плоскостта на Лозенско-Новиханската листрична разседна структура. Тя се маркира от наложени наносни конуси на фона на потъващото крило в основата на алувиалната низина, формиращи дебел алувиално-делувиално-пролувиален шлейф. Дебелината на алувиалните кватернерни утайки по сондажни данни закономерно се увеличава от 60 до 80-100 m към оста на линейното понижение, развито субпаралелно на Чепън-Горномалинската разседно-флексурна структура. Тя се маркира от плавното огъване и затъване на южните подножни нива на Балканидите под алувиалната низина.

В надлъжната и напречната диференциация на Радомирската котловина ясно се отделят два фрагмента със сходни черти и признаци: на запад се откроява Калищанският палеогенски напречен праг, усложнен от наложения пролом на р. Струма, и асиметричното линейно понижение, обусловено от заложеното на Калищанската разседна структура през късния кватернер. По нейната дължина е вложена асиметричната долина на р. Изворска, която е с лек увес на речното легло на запад. Десният борд на понижението е висок и стръмен, изграден основно от палеогенски седименти. Билните пространства, изградени от палеогенски седименти, са срязани от ареали на високото джеласко-ранноплейстоценско ниво. Левият долинен склон е полегат, изграден от палеогенски седименти, срязани от ниското подножно ниво с вероятна ранноплейстоценска възраст. Фосилизирано е от дебела алувиално-пролувиална покривка с жълто-червеникаво оцветяване. На изток линейното понижение е ограничено от Изворския разсед, по дължината на който е заложен ниският и тесен напречен праг (между с. Извор и жп спирка „Канджулица“), издигнат на 12 m над околните алувиални низини и който обуславя преустройство и аномалия в плана на речно-долинната мрежа.

В обсега на геоморфоложкото пространство, разположено в южната периферия на Руйско-Планското валообразно издигане, ясно се диагностицира представително стъпаловидно наклонено подножие, което е развито в хипсометричния диапазон от 600 до 800 m. Цокълът на подножието в обсега на Калищанския напречен праг е изграден от палеогенски седименти, докато подножието в южната периферия на Верилско-Голобърдското издигане е изградено от триаско-юрски глинесто-варовити седименти, бронирани от тънка плоча от кватернерна карбонатна брекча, фосилизирана от алувиално-пролувиална покривка. Върху наклоненото подножие са развити две представителни вложени едно в друго наклонени подножни нива с вероятна джеласко-ранноплейстоценска възраст. На юг от Верило-Голобърдско-Черногорския ограден борд двете нива постепенно денивилират от 800 до 600 m н.в. в югозападна посока. Южно от стръмнospускащата се плоскост на Трънско-Кошаревския разлом основата на подножното стъпало интегрира два субпаралелни и стъпаловидни блока. На изток от транзитната долина на р. Струма подножното стъпало е разкъсано по дължината на Червеномогилската разседна структура, която се маркира от формирания дебел делувиално-пролувиален шлейф от неспоени варовикови

брекчи, подхранваща провинция на които се явява споената карбонатна плоча, бронираща високото денудационно ниво. Ниското ниво е разкъсано от десните притоци на долината на р. Арката – Диканска, Матица и Барата и др. От нейното всичане ниското подножно ниво се разчленява на отделни локални блокове. Напускайки междублоковите пространства, върху алувиалната низина те формират преотложени наносни конуси от неспоени карбонатни брекчи. Фрагментарно се оформя млад алувиално-делувиално-пролувиален шлейф. Подобни тектонски деформации се установяват и за старокватернерните подножни нива и спектъра от по-младите плейстоценски речни тераси в рамките на Чардакския пролом. В обсега на десния склон двете подножни нива са силно денивелирани или моноклинално наклонени и техните чела пряко контактуват със заливната алувиална низина на р. Струма, докато в обхвата на левия склон липсват високи долинни нива и терасни площадки.

Анализът на хода на изобазите показва, че тектонските деформации в обсега на Софийската сеизмотектонска зона имат сложна конфигурация. Това определя и сложния вътрешноблоков строеж на изследвания регион. Доминиращо място в общата морфотектонска структура заема активният процес на тафрогенеза през младия палеоген-неоген-кватернера, или едностранно заложените грабенови котловини – Пернишка, Софийска и Радомирска, отразени като дисиметрични в пластиката на земната кора. Главните линии на тектонски напрежения и деформации са от ортогоналната система, по дължината на които се оформят осови линейни понижения, рязко разширяващи се от пресичане със субмеридионални разкъсвания. На фона на доминиращия екстензионен режим се проявяват напрежения на екстензия и активни субпаралелни разкъсвания, в резултат на което протича механизъм на стъпаловидна диференциация на котловинните дъна от север на юг при Пернишката и Радомирската котловина, и обратно – от юг на север за Софийската котловина. Важно място и роля в общото поле на тектонски деформации се пада и на субмеридионалните разседни разкъсвания – Изворската, Радомирската и Искърската разседна структура (фиг. 1).

Структурно-геоморфоложката карта на Софийската сеизмотектонска зона по неоспорим начин показва общата приемственост в морфоструктурата на региона, така и по отношение на процесите, явленията и механизма на формиране, развил се през късноалпийския цикъл – късна креда, младия палеоген и неоген-кватернера. В този смисъл къснокватернерните и особено холоценските активизации се явяват последни рязко изявени фази на активност, които продължават и до днес.

В рамките на Софийската сеизмотектонска зона ясно са разкрива тенденция на изменения в интензивността и конфигурацията на топлинната енергия още на дълбочина 5-10 km. Установява се, че в рамките на Софийската геодинамична зона могат да се диференцират двете локални топлинни аномалии: северна, Софийска геотермална аномалия с по-дълбоко „подгриване“, или огнище за пряка връзка със съвременни тектонски процеси, и южна Радомирска геотермална аномалия с „плитка“ приповърхностна природа.

На основата на установените тенденции и размах на деформации през последната епоха и измененията в интензивността и конфигурацията на топлинната енергия на дълбочина 5-10 km могат да се преценят и резултатите от прецизните геодезични измервания за характера и интензитета на съвременните

движения. Съвременната неспокойна геодинамична обстановка в изследвания регион се маркира от резултатите на повторни геодезични измервания за интезитета и размаха на съвременните вертикални движения на земната кора. В една от последните карти за Карпато-Балканския регион, съставена от международен колектив под ръководството на Ищван Йоо (1985), доминират стойности от 0,0 до -1,0 mm/y. Тези резултати се подкрепят и от съвременните плътни и с висока точност сателитни и наземни данни от GPS 3D измервания (Georgiev et al., 2011), които демонстрират доминиращия регионален меридионален екстензионен режим. С тази висока напрегнатост на земната кора през късния кватернер и холоцена се потвърждава и пространственото разпределение на епицентрите и съвременния сеизмотектонски модел на земетресението от 22 май 2012 г. (фиг. 2 - приложение).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведените структурно-геоморфоложки изследвания върху количествената оценка на кватернерните тектонски процеси са насочени към реализиране на представително моделиране на тектонското силово поле, което е сериозна основа за разкриване на пространствено-времевите характеристики на импулсните тектонски процеси – земетресенията, в Софийската сеизмотектонска зона.

Съпоставката на пространствено-динамичните характеристики на къснокватернерните тектонски процеси и деформации, отразени в пластиката на съвременната земна кора (фиг.1), характеристиките на сеизмологичните огнища от картата за пространствените разпределения на сеизмологичните епицентри на Пернишкото земетресение през м. май 2012 г. и анализа за механизма на земетресенията (Рангелов, 2014) по най-категоричен начин разкриват техните пространствени и генетични връзки. Основният геотектонски процес, който определя общите закономерности в пространствената локализация на земетресенията, е господстващият регионален субдукционно-екстензионно-трансформен режим след младопалеогенския етап от развитието на Балканския п-в.

На този фон в рамките на изследвания регион основни сеизмогенериращи морфоструктури се явяват едностранно заложените и асиметрични грабенови морфоструктури: Радомирската, Софийската и Пернишката. Главната енергия на импулсните тектонски процеси се генерира от проявата на напрежения на екстензия и активни субекваториални и субпаралелни разкъсвания, в резултат на което най-често протича механизъм на стъпаловидната диференциация на техните котловинни основи. Формират се кватернерни геодинамични локалитети, очертани от контрастни листрични разседни деформации. Особено висока е плътността на земетресенията по дължината на младокватернерните разседни разкъсвания, които макират обхвата на алувиалните низини в котловинните морфоструктури. Къснокватернерни дислокации се реализират по дължината на Колошкия, Червеномогилския, Изворския, Радомирския, Северновитошкия, Севернолозенския и Искърския разсед. Активните Радомирски и Софийски геодинамичен локалитет се отличават с отрицателни тектонски деформации, свързани с оформянето на котловинните депресии. За разлика от тях, Пернишкият геодинамичен локалитет е свързан с импулси на тектонска активност по дължината на заложения през младия палеоген Пернишки разлом и кореспонди-

ращите им по дължината на Рударско-Дивотинската разседно-флексурна зона. Свидетелство за това е линейната ориентираност и особено висока плътност на афтершоковете след главния трус на Пернишкото земетресение от 22.05.2012 г. (фиг. 4). Повишена къснокватернерна активност по неговата дължина се диагностицира особено в сегмента от напречния праг „Кракра“ до пресичането му с Радомирския субмеридионален разсед, или в околностите на гр. Батановци. Тук се оформя активен кватернерен геодинамичен локалитет (възел). Къснокватернерната му активност ясно се демонстрира от аномални параметри на алувиалните низини и дебелини на кватернерните наслаги, както и от дренирането на плоскостта на Пернишкия разлом от Беловодския минерален извор и др.

Получените резултати са надеждна основа за бъдещи по-точни и прецизни комплексни изследвания, което ще позволи и моделиране на тектонското силово поле или разкриване на фазите в режима на тектонските процеси.

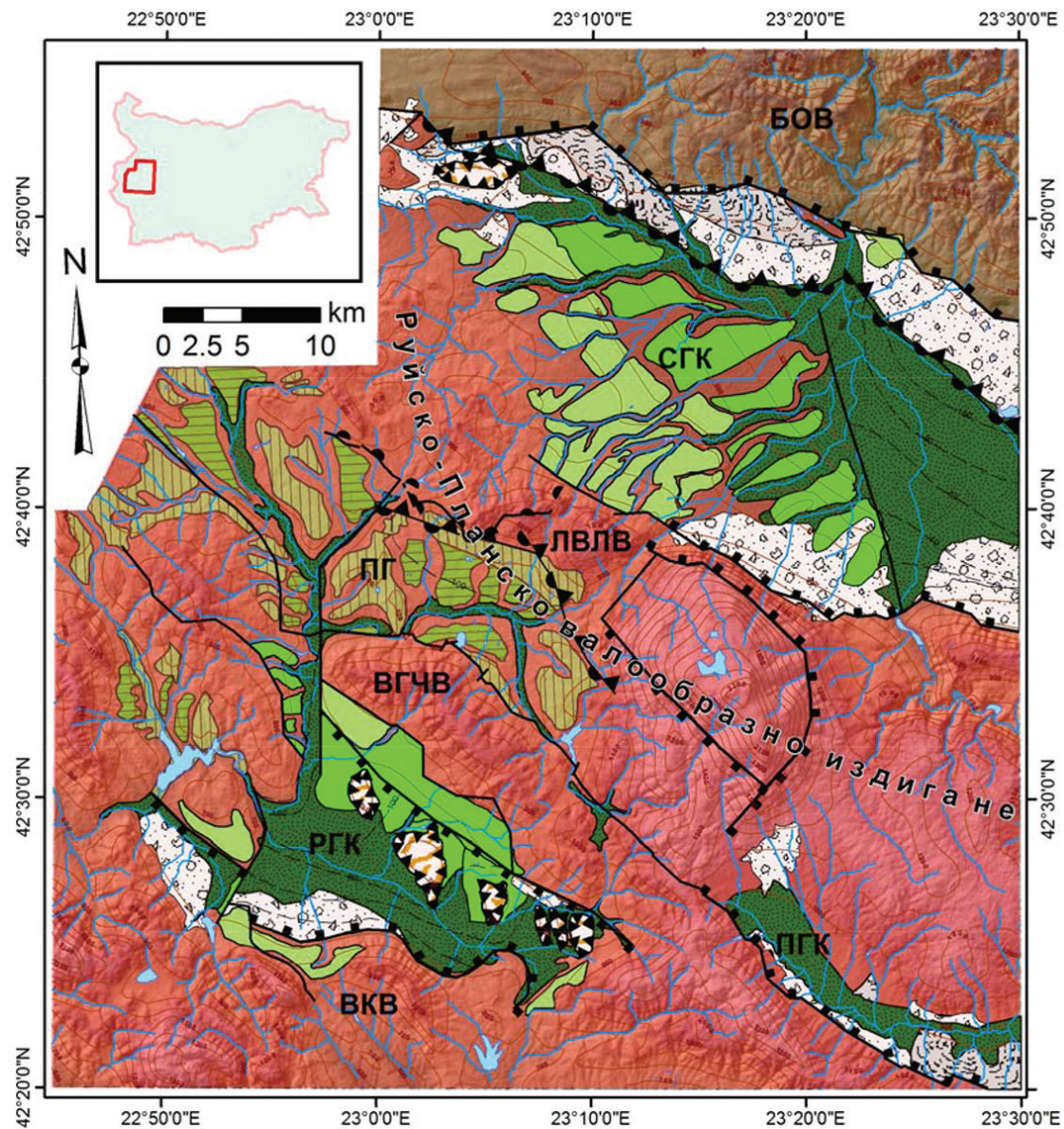
## ЛИТЕРАТУРА

- Агаларева, М.** 2013. Структурно-геоморфоложки черти на Искърско-Янтренското блоково стъпало. Издателство „Ибис“, Велико Търново, 248 с. /Agalareva, M. 2011. Structural and geomorphological features of Iskarsko Yantrenskoto-block stage. Izd. “Ibis”, Veliko Tarnovo, 248 pp. (Bg)
- Алексив, Г., М. Агаларева.** 2011. Терминологичен речник по геоморфология. УИ „Св. св. Кирил и Методий“, Велико Търново, стр. 160 / Aleksiv, G., M. Agalareva 2011. Glossary in geomorphology. UI “Sv.Sv. Kiril and Metodi”, Veliko Tarnovo, 160 pp. (Bg)
- Алексиев, Г.** 1995. Морфотектонска характеристика на Витошката куполна морфоструктура и оценка на геоморфоложкия риск. – Проблеми на географията, кн. 1, Изд. БАН „Проф. М. Дринов“, с. 70-80./ Aleksiev, G. 1995. Morphotectonic feature of Vitosha dome morphostructure and evaluation of geomorphological hazard. *Problemi na geografijata*. Izd. BAN “Prof. M. Drinov”, pp. 70-80. (Bg)
- Алексиев, Г.** 2009. Автореферат „Морфотектоника на Балканския полуостров“. С., БАН, с. 71 / Aleksiev, G. 2009. Autoreferat “Morfotektonika the Balkans”. S. BAN, 71 pp. (Bg)
- Алексиев, Г.** 2012. Морфотектоника на Балканския полуостров. РА „Анди“, С. стр. 367 / Alexiev, G. 2012. Morfotektonika the Balkans. RA “Andi”, Sofia, 367 pp. (Bg)
- Алексиев, Г., Х. Спиридонов.** 2002. Денудационни повърхнини. – В: География на България. Физическа и Социално-Икономическа география. Изд. „Форком“, С., с. 44-52. / Alexiev, G., H. Spiridonov. 2002. Denudation surface. - In: Geography of Bulgaria. Physical and Socio-Economic Geography. Izd. “ForKom” С, pp. 44-52. (Bg)
- Алексиев, Г., Цв. Георгиев.** 1996. Геодинамични проблеми на Краищенско-Средногорската морфоструктурна зона. – Проблеми на географията, кн. 4, Изд. БАН „Проф. М. Дринов“, с. 11-21./Alexiev, G., Ts. Georgiev. 1996. Problems of gepdynamics in the Morphostructural Zone of Kraishte and Sredna Gora. *Problems of Geography*, 4, Izd. BAN “Prof. M. Drinov”, pp. 11-21. (Bg)
- Алексиев, Г., Цв. Георгиев.** 1996. Геодинамични проблеми на Тунджанското структурно понижение. – Списание на БАН, кн. 1, Изд. БАН „Проф. М. Дринов“, с. 27-33. / Alexiev, G., Ts. Georgiev. 1996. Geodynamic problems Tundzha structural decline. - *Journal of the Academy of Sciences*, vol. 1, Izd. BAS “Prof. M. Drinov”, p. 27-33. (Bg)
- Алексиев, Г., Цв. Георгиев.** 1997. Морфотектоника и сеизмичност на Софийската котловинна депресия. – Проблеми на географията, кн. 1-2. Изд. БАН „Проф. М. Дринов“, с. 60-70./ Alexiev, G., Ts. Georgiev. 1997. Morphptectonics and Seismic Activity

of the Sofia Depression. *Problems of Geography*, 1-2, Izd. BAN "Prof. M. Drinov", pp. 60-70. (Bg)

- Алексиев, Г., Цв. Георгиев.** 2002. Кватернерни и съвременни геодинамични деформации на територията на България. – Проблеми на географията, кн.1-2, Изд. БАН „Проф. М. Дринов“, с. 30-49. / Alexiev, G., Ts. Georgiev. 2002. Quaternary and Recent Geodynamic Deformations of the Territory of Bulgaria. *Problems of Geography*, 3, Izd. BAN "Prof. M. Drinov", pp. 30-49. (Bg)
- Бончев, Ст.** 1929. Строеж на планините в България. *Природа и наука*, XXXIX, кн.9-10/ Bonchev St. 1929. Construction of the mountains in Bulgaria. *Priroda i nauka*, XXXIX, кн.9-10. (Bg)
- Бончев, Ек.** 1971. Проблеми на българската геотектониката. Изд. „Техника“, София, 204 с./ Bonchev Eck. 1971. Problems of Bulgarian geotectonics. Izd. "Technika", Sofia, 204 pp. (Bg)
- Вапцаров, Ив. и кол.** 1973. Неотектонска карта на България. В: Географски атлас на България №2, стр. 168./ Vaptsarov, Iv., et al. 1973. Neotectonic map of Bulgaria. In: Geographic Atlas of Bulgaria №2, 168 pp. (Bg)
- Вапцаров, Ив., Г. Алексиев, Ст. Георгиев, М. Тоцев.** 1990. Геоморфоложка оценка на кватернерните тектонски процеси в Западната част на Горна Тракия. – Проблеми на географията, кн. 3, Изд. БАН „Проф. М. Дринов“, с. 3-15./ Vaptsarov, I., G. Alexiev, St. Georgiev, M. Totsev. 1990. Geomorphological evaluation of Quaternary Tectonic Processes in the Western Upper Thracia. *Problems of Geography*, 3, Izd. BAN "Prof. M. Drinov", pp. 3-15. (Bg)
- Вапцаров, Ив., Г. Алексиев.** 1987. Горнокредни вулкано-плутонични структури в Южна България и тяхното отражение в релефа. – Проблеми на географията, кн.1; с. 3-17./ Vaptsarov, I., G. Alexiev. 1987. The Upper-Chalk Volcanic and Plutonic Structures in South Bulgaria and their Impact on the Relief. *Problems of Geography*, 1, Izd. BAN "Prof. M. Drinov", pp. 3-17. (Bg)
- Вапцаров, Ив., К. Мишев, Г. Алексиев.** 1987. Геоморфология и неотектоника на Горнооряховско–Стражишката сеизмична зона. – Проблеми на географията, кн.4, Изд. БАН „Проф. М. Дринов“, с. 12-25./ Vaptsarov, I., K. Mishev, G. Alexiev. 1987. Geomorphology and neotectonics of seismic zone of Gorna Oryahovitsa and Strazhitsa. *Problems of Geography*, 4, Izd. BAN "Prof. M. Drinov", pp. 12-25. (Bg)
- Вапцаров, Ив., Л. Миланов, Г. Алексиев.** 1983. Върху цикличното развитие на речните долини и планински подножия в част от Югоизточна България през кватернера. – Проблеми на географията, кн. 4, Изд. БАН „Проф. М. Дринов“, с. 39-51 / Vaptsarov, Iv., L. Milanov, G. Aleksiev. 1983. Cyclical River Valley Development atn the Foothills and in Some Parts of South–Eastern Bulgaria during the Quaternary. *Problems of Geography*, 4, Izd. BAN "Prof. M. Drinov", pp. 39-51. (Bg)
- Гочев, П.** 1980. Младоалпийска и съвременна геодинамика на Балканите. Геодинамика на Балканите. С., Изд. „Техника“, с. 104–120./ Gotchev, P. 1980. Late Alpine and present geodynamics of the Balkans. Geodynamics in the Balkans. S., Izd. "Technika", pp.104-120. (Bg)
- Гочев, П.** 1991. Алпийски ороген на Балканите - колизионна полифазова структура Геотектоника, тектонофизика и геодинамика, 22, С., с. 3–44./ Gotchev, P. 1991. The Alpine orogen in the Balkans – a polyphase collisional structure. *Geotectonic, Tectonophys and Geodynamics*, 22, 3-44. (Bg)
- Гълъбов, Ж. и др.** 1966. Физическа и икономическа география на Б-я. БАН/ Galabov, Zh. et al. 1966. Physical and economic geography of Bulgaria. BAS. (Bg)
- Дабовски, Хр.** 1991. Съвременни концепции за еволюцията на Алпийския ороген в Източното Средиземноморие и Карпато-Балканската област. – Геотектоника, тектонофизика и геодинамика, 22, с. 45-79./ Dabovski, Hr. 1991. Modern concepts of

- evolution of the Alpine orogen in the Eastern Mediterranean and Carpathian-Balkan area. *Spisanie. Geotectonic, Tectonophysics and Geodynamics*, 22, pp. 45-79. (Bg)
- Дабовски, Хр.** 1980. Пукнатинни интрузии в Средногорието. София, 180 с./ Dabovski, Hr. 1980. Fissure intrusions in Srednogie. Sofia, 180 pp. (Bg)
- Дачев, Хр.** 1988. Строеж на земната кора в България. Изд. „Техника“ С., 334 с./ Datchev, Hr. 1988. Construction of the crust in Bulgaria. Izd. "Technique". Sofia, 334 pp. (Bg)
- Начев, И., Ч. Начев.** 2003. Алпийска плейттектоника на България. – Изд. „Артик–2001“, 198 с./ Nachev, I., Ch. Nachev. 2003. Alpine-Plate tectonics of Bulgaria. - Izd. "Artik-2001", pp. 198. (Bg)
- Рангелов, Б., Хр. Цанков, Цв. Груев.** 2014. Геофизичен комплекс за изучаване на повърхностния геоложки разрез в района на земетресението при гр. Перник от 22 май 2012 г. – Год. на МГУ „Св. Иван Рилски“, т. 57, св. I, Геология и геофизика, с. 101-105/ Rangelov, B., Chr. Tzankov, Tsv. Gruiev. 2014. Geophysical Complex Study of the Shallow Geology in the Area of Pernik Earthquake 22<sup>nd</sup> May, 2012. *Annual of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski"*, Vol. 57, Part I, Geology and Geophysics, pp. 101-105. (Bg)
- Спиридонов, Х.** 1999. Кръгови морфоструктури в Средногорието. БАН, София, 272 с. / Spiridonov, H. 1999. Ring morphostructures in Srednogoriето. BAN, Sofia, p. 272. (Bg)
- Яранов, Д.** 1960. Тектоника на България. С., Изд. „Техника“, с. 281./ Yaranov, D. 1960. Tectonics of Bulgaria. Sofia, Izd. "Tehnika". p. 281. (Bg)
- Тектонски строеж на България, София. 1973. / 1973. Tectonic structure of Bulgaria. Sofia. (Bg)
- Dabovski, H., I. Boyanov, Ch. Chrishev, T. Nikolov, I. Sapunov, Y. Yanev, Iv. Zagorchev.** 2002. Structure and Alpine evolution of Bulgaria. *Geol. Balcanica*, 21, 4.
- Dobrev, T. Dimovski, S. Kostyanov, S., V. Stoyanov, G. Alexiev.** 2006. Regional Distribution of Active Geothermal Zons on the Territory of Bulgaria an Mathematical modeling of Geothermal Sources. *Problems of geography*, 1-2, Izd. BAN "Prof. M. Drinov".
- Dobrev, T. Kostyanov, S. B. Monov, V. Stoyanov, G. Alexiev.** 2006. Mathematical modeling of Heat Flow at the Ciren Gas – condensate Field, Bulgaria. *Problems of geography*, 1-2, Izd. BAN "Prof. M. Drinov".
- Muco, B., G. Alexiev, S. Aliaj, Z. Elezi, B. Gresu, N. Mandrescu, Z. Milutinovic, M. Radulian, Rangelov, B., D. Shkupi.** 2008. Geohazards map and assessment of some Balkan countries ., Abst. 31<sup>st</sup> Gen. Ass. ESC., 7-12 Sept., Hersonissos, Greece, pp. 372 on CD.
- Vannucci, G, S. Pondrelli, A. Argnani, A. Morelli, P. Gasperiny, E. Boschi.** 2004. An Atlas of Mediterranean seismicity. Milano-Roma, Annals of Geophysics, Supplement To Vol. 47, N. 1, pp
- Агаларева, М.** 2013. Структурно-геоморфоложки черти на Искърско-Янтренското блоково стъпало. Издателство „Ибис“, Велико Търново, 248 с. / Agalareva, M. 2011. Structural and geomorphological features of Iskarsko Yantrenskoto-block stage. Izd. "Ibis", Veliko Tarnovo, 248 pp.



**Легенда**

- изохипси
- реки
- водни обекти
- дебелини на Q наслаги
- твърдица
- листрични структури
- разседно-възседни структури
- разсед-флексура
- разлом

**Екзогенни форми**

**Кватернерни наклонени нива**

- високо Q ниво
- ниско Q ниво
- твърдица
- пролувиален шлейф
- алувиална низина
- наносен конус

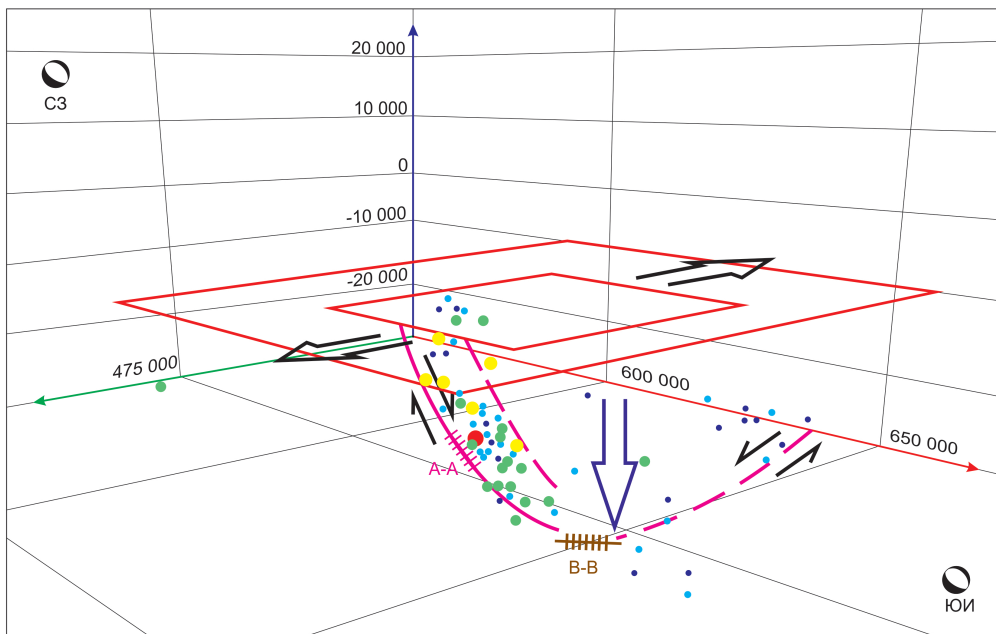
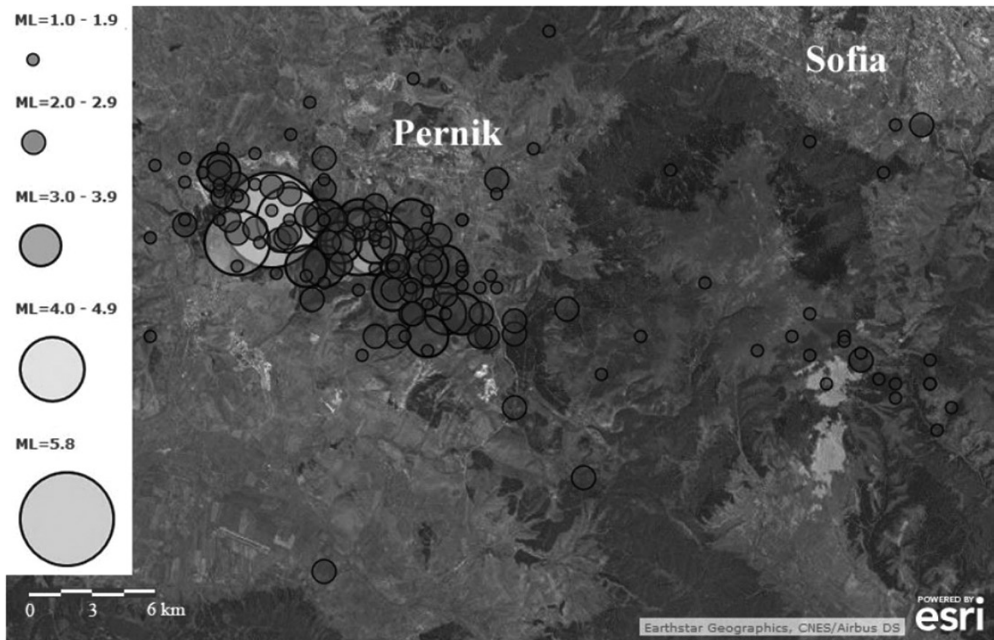
**Изходна денудационна повърхнина (репланирана през N-Q)**

- високо Q ниво
- ниско Q ниво

**Блокови морфоструктури**

- РПВ, Руйско-Планско валообразно издигане
- ВКВ, Верилско-Колошка верига
- ВГЧВ, Верилско-Голобърдско-Черногорска верига
- БОВ, Балканидна орогенна верига
- ЛВЛВ, Лозенско-Витошко-Люлинска верига
- ПГ, Пернишки грабен
- ПГК, Палакарийска грабенова котловина
- РГК, Радомирска грабенова котловина
- СГК, Софийска грабенова котловина

Фиг. 1. Структурно-геоморфоложка карта на Софийската сеизмотектонска зона



- 1 → 2 → 3 — 4 → 5 — A-A 6 — B-B 7 ○

Фиг. 2. Сеизмотектонски модел на земетресението от 22.05.2012 г. – асиметрично, антитетично, листрично, разломяване: 1 – сили на екстензия; 2 – посоки на движението на пропадалия блок при земетресението; 3 – линии на листричното разломяване; 4 – посока на пропадане на целия блок; 5 – зона на разрушаване на средата по време на основния трус (вероятен източник на относително по-високочестотните колебания); 6 – най-ниска зона на пропадането (вероятен източник на относително по-нискочестотните колебания); 7 – решение на механизма на земетресението – на екстензия (по Рангелов и др., 2014)