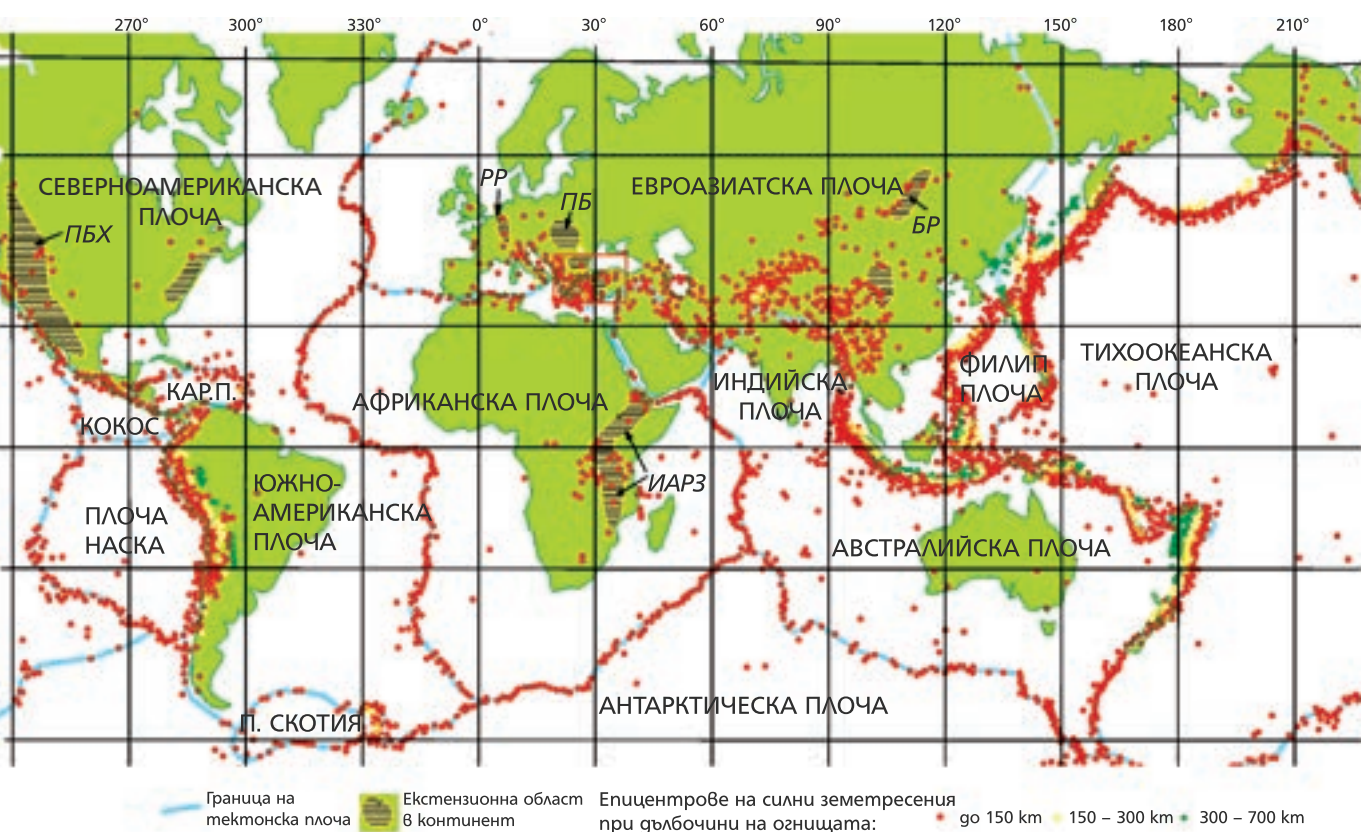


Земетресенията на Балканския полуостров – тектонската гледна точка

Иван Загорчев



Главни тектонски плочи и разположение на епицентровете на най-силните земетресения. Тектонските плочи са блокове от литосферата, която обхваща земната кора и най-горната, твърда част от горната мантия, при обща дебелина между 40 и 200 км за континенталната литосфера и 30 до 100 км за океанската. Границите между тектонските плочи са дивергентни (океански рифтове, по които в средната част на океанските хребети постъпва течено вещество от мантията, а плочите се раздалечават), конвергентни (судукционни зони, по които едната плоча се подпъхва под другата) и трансформни (при странични движения между плочите). Някои тектонски плочи: КАРП. – Карибска плоча, КОКОС – Плоча Кокос, П. СКОТИЯ – Плоча Скотия, АРП. – Арабска плоча, ФИЛИП. ПЛОЧА – Филипинска плоча. Кафявият правоъгълник обхваща Егейската, Анадолската, Балканската и част от Черноморската микроплоча. Екстензионни области на континентите: ПБХ – Провинция на басейните и хребетите, РР – Рейнски рифт, ПБ – Панонски басейн, ИАРЗ – Източнафриканска рифтова зона, БР – Байкалски рифт

За сметка на това през интервали от десетина години българските граждани осезателно разбират или си припомнят, че живеят в земетръсна област, макар и в нейната периферия. Тази земетръсна област е Алпо-Хималайската орогенна област, разположена по границата между Евразийската и Африканската литосферна плоча.

Сеизмичната (земетръсната) дейност е следствие от натрупването на напрежения в литосферата и последващото им освобождаване при надхвърляне на якостта. Изследването на зависимостите на тази дейност от тектонските движения и процеси е обект на сеизмотектониката – наука, която е част от геотектониката и се намира в граничната област със сеизмологията и тектонофизиката, от една страна, и регионалната геология и неотектониката, от друга. В глобален мащаб сеизмичността е свързана главно с границите между литосферните плочи, където се концентрират най-интензивните тектонски движения.

Движенията по границите, както и движенията по отделни тектонски зони във вътрешността на плочите не се извършват непрекъснато и по цялата им дължина. Освобождаването на натрупаната енергия (напрежения) става прекъснато, за сравнително малки интервали от време (секунди до минути) и по дължината на ограничени сегменти (отрязъци) от частни разломни нарушения в рамките на значителни по дължина и ширина разломни пояси и зони. В зависимост от характера на движенията по разломните нарушения последните се поделят на разседи, възседи и отседи. Повърхните на тези нарушения (тектонските огледала) са обикновено сравнително стръмни – наклонът им варира между около 45 и 70°, а отседите често са вертикални или субвертикални. Различна е и дебелината на разтрошените скали от двете страни на

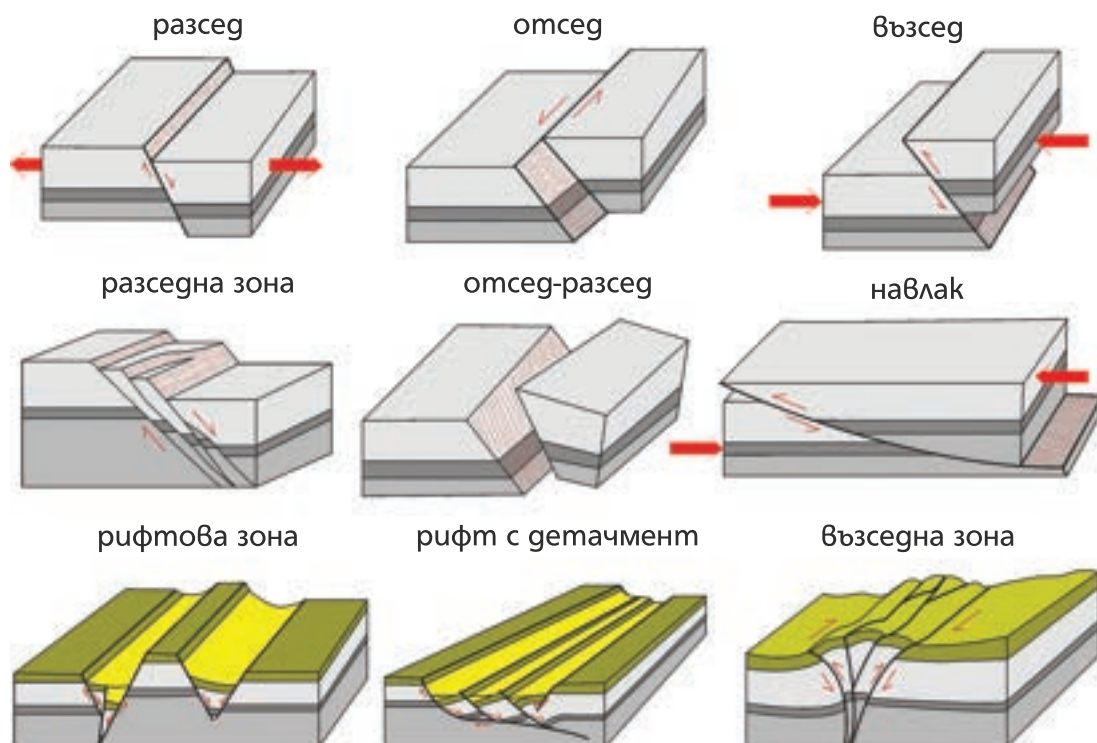
Когато Земята се разгневи и разтресе, и хора, и животни изпадат в страх и паника. Наред с вулканските изригвания земетресенията са постоянна заплаха. За щастие, вулканските изригвания на територията, която сега е България, са престанали преди около 20 млн. години – един достатъчно дълъг срок, за да смятаме, че не могат да се възобновят в близките няколко милиона години.

разломните повърхности. Мащабите на тектонските нарушения са различни – някои от тях са дълги едва няколко милиметра, а големите разломни и навлачни пояси, които се състоят от стотици нарушения с километрови дължини, могат да имат дължина до стотици и дори хиляди киломе-

три. Обикновено, и то главно когато разломната зона или пояс се състои от нарушения, образувани в сравнително кратък (няколко милиона години) интервал от време, движенията по съставните нарушения и цялата зона имат еднакъв характер – разседи, възседи, отседи или навлачни зони и пояси. В други случаи, особено при дълго и комплексно развитие, нарушенията в зоната могат да имат различен характер, т.е. да се наблюдават комбинации от възседи, отседи и навлачни, от разседи и отседи и т.н.

Дълбочината, на която проникват разломните нарушения, също е различна. Обикновено тя се ограничава поради достигане на такива стойности на температурата и налягането, при които скалите започват да реагират пластично на напреженията, след един интервал на смесено, крехко-пластично поведение. Поради това и земетръсните явления най-често се ограничават в най-горните части на земната кора – в най-горните 10 – 15 км, и в редки случаи до основата на земната кора, на дълбочини до 30 – 50 и рядко 70 км (плитки земетресения).

Земетръсната дейност е характерна за всички основни тектонски обстановки, в които възникват тектонски движения. Най-силните земетръси са свързани обикновено със субдукционни граници на литосферните плочи, при които една плоча се подпъхва под друга. Такъв характер има например западният бряг на Американския континент. Тъй като потъващата плоча е сравнително студена, деформациите имат смесен, крехко-пластичен характер до значителни дъл-



Основни типове разломни нарушения и разломни зони. Характерът на движенията по разломите се определя по относителното движение на горния (висящия) спрямо долния (лежащия) блок (разсег при потъване, възсег при издигане) или според страничното движение на блоковете един спрямо друг (десен отсег при движение по посока на часовата стрелка, ляв отсег – при движение обратно на часовата стрелка). Рифтът е регионален разломен пояс, придружен от контрастни блокови движения. Детачментът (разлом на отделяне) е полегат регионален разлом, който частично или изцяло следва граница между скали или пластини с различни реологични свойства

бочини, поради което земетръсните огнища са дълбоки – 70 – 300 км (среднофокусни) и 300 – 700 км (дълбокофокусни земетресения). Отсегните пояси, както и континенталните трансформни пояси обикновено са плитки. Най-типичният представител на тези пояси – разломът Сан Андреас в Калифорния, – се проследява на дължина от над 1300 км, но прониква в дълбочина на не повече от 20 – 30 км.

Разсегните нарушения също могат да образуват пояси, обикновено в комбинация с отсегите. Такъв е Източноафриканският рифт – дълбока рана в земната кора, която се проследява почти по цялата дължина на Източна Африка и се свързва със световната океанска рифтова система и рифта на Червено море в тройната точка в Афарската депресия. Това е комплексна разломна система, простираща се на няколко хиляди километра дължина и около хиляда киломе-

тра широчина, при преобладаващо разтягане (екстензия) и разсегни движения. И тук земетресенията са сравнително плитки, но техните огнища достигат и дълбочини в горната мантия – до около 60 км. В рамките на континенталните плочи екстензионните обстановки могат да заемат значителни площи, като образуват хорстово-грабенови системи. Такава е Провинцията на басейните и хребетите в Съединените щати. Земетресения се свързват и с отделни разломни нарушения, както и с диапирните движения на солни щокове.

Какви са тектонските условия за възникване на земетресенията на Балканския полуостров?

По цялата дължина на полуострова преминава Вардарската зона – шев в земната кора, останал от затворения се мезозойски Вардарски океан. По геофизични данни

се установява, че дълбоко под Родопите се намира остатъчен клин от погълнатата (субдуцирана) океанска кора на Вардарската зона. Този клин, за щастие, в наши дни няма сериозно земетръсно въздействие – неговата активност е била особено висока преди около 25 млн. години, когато се смята, че е изгрял важна роля при постъпване в кората на астеносферен и мантиен материал, както и за хидротермалната дейност, довела до образуване на оловно-цинковите находища. Един друг остатъчен клин, от друга предполагаема субдуцирана плоча пред челото на Източните Карпати в Румъния се смята за виновник на честите високомагнитудни земетресения в планината Вранча, където дълбочината на огнищата (хипоцентровете) достига 90 – 160 км.

Дълбочината на земетръсните огнища е значителна (40 – 100 км) в Йонийските

острови, полуостров Пелопонес и остров Крит, които оформят гъзова структура, известна като Хеленска (Критска) гъза. Тя маркира субдукцията между Африканската (Нубийската) плоча и Егейската микроплоча на Евразийската плоча. Един плитък сеизмогенен слой се намира в земната кора и обхваща дълбочините между 5 и 22 км. Изследванията върху фокалните механизми (механизмите на блокното разместване в огнищата, установени чрез инструментални сеизмоложки методи) показват различни механизми (възсядане, разсядане, отсядане) при отделните земетресения, т.е. насочват към сложни взаимодействия между полетата на напрежения в рамките на гъзата. Не трябва да се забравя, че Хеленската гъза е съвременна тектонска постройка, която се характеризира и с вулкански прояви в историческо време. Това е една друга

Илюстрация: ©2011 Europa Technologies ; © 2011 Cnes/Spot Image

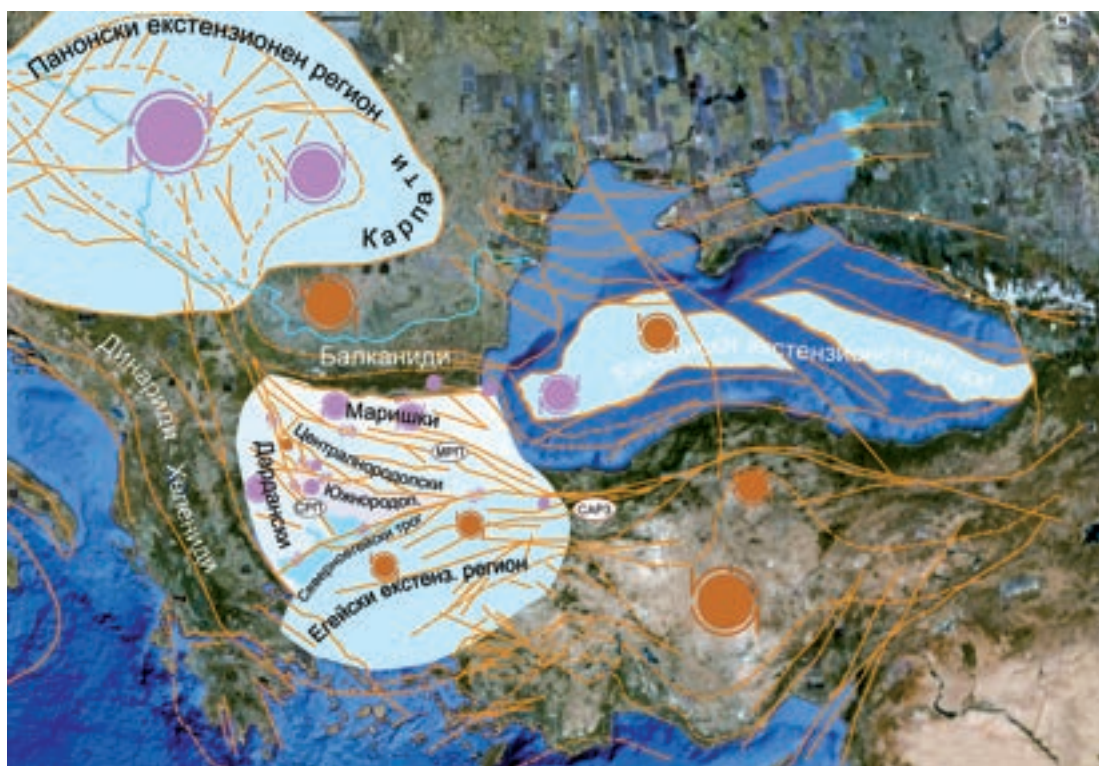


Схема за разположението на основните екстензионни области в ЮИ Европа и неотектонските ротации. Десните ротации са показани с виолетови кръгове, а левите – с оранжеви. Регионални разломни зони: САПЗ – Северноанадолска разломна зона, МРП – Маришки разломен пояс, СРП – Струмски разломен пояс

особеност на развитието на тектонските процеси на Балканския полуостров през последните около 40 млн. години – постепенното преместване на островната гъза пред субдукционната зона на юг, като се започне от първоначалното ѝ положение в

На територията на България земетръсната активност е свързана главно с най-горните 10 – 12 km от земната кора, като по-голямата част от огнищата са на дълбочини до около 5 km. Значителната дебелина на земната кора (до 50 – 55 km в Рила и Западни-



Неотектонска схема на България с разположение на главните сеизмотектонски зони

Родопите (през късния еоцен и олигоцена), в Егейско море (през неогена), за да се стигне през късния неоген до сегашното положение. Това е и процес на непрекъснато разтягане (екстензия) и изтъняване на земната кора, което се придружава от непрекъсната, повишена сеизмичност. Тази сеизмичност (при магнитуду, оценявани до около 8,3) придружава цялото развитие на човечеството в тази част на света, като заедно с катастрофалните вулканични изригвания е била причината за загиването на Минойската цивилизация и за други геодинамични катастрофи в историята.

те Родопи) придава по-голяма устойчивост, която се изразява в по-редки и с по-ниски магнитуду земетресения. Това в никакъв случай не би трябвало да ни успокоява, тъй като България се намира в сеизмичен регион, в непосредствена близост до границата между Евразийската и Африканската плоча. Сеизмичността тук е свързана с разнообразни тектонски процеси, протичащи през неогена и кватернера, които ще разгледаме накратко.

Деформациите в централните и източните части на Балканския полуостров се контролират от няколко основни процеса.

На първо място, това е екстензионният колапс (пропадането в условия на разтягане) на няколко последователни алпийски орогенни постройки. През палеогенския период екстензионният колапс на къснокредния ороген води до образуване на Тракийския екстензионен регион, в чийто обхват се обособяват Маришкият, Родопският и Дарданският участък. В целия регион, в тила на Старопланинския гънково-навлачен пояс, се създава обстановка на разтягане, при която се оформя сложен блокъв строеж. През неогенския период подобно пропадане и екстензия в тила на Карпатския гънково-навлачен ороген създават Панонския екстензионен регион, а тези в тила на Хеленидния гънково-навлачен ороген – Егейския екстензионен регион. Българските земи се влияят значително от неотектонските процеси в Егейския регион, но при няколко важни особености, които произтичат от значителната дебелина на земната кора в Родопите, и от създаването и развитието през късната креда, палеогена и неогена на три първостепенни разломни пояса: Маришкия, Струмския и Северноанадолския.

И трите разломни пояса, независимо от различната си ориентация, се характеризират предимно с дясноотседни движения. Те се проявяват в отделни етапи от развитието им, като в някои етапи се комбинират с напречно или косо спрямо тях разтягане (така наречената транстензия), когато се образуват разсядания и хорстово-грабенов строеж, а в други – със свиване (транспресия), при която се образуват възсед-отседни и локални навличания. Пропаданията и образуването на грабенови понижения по трите разломни пояса им придават истински рифтов характер. Разместванията по разседите, ограничаващи отделните грабени, не са с еднаква или подобна стойност поради един друг фактор – огъването на земната кора с големи радиуси на гъбите, при което се образуват сводови структури. Както грабените и отлагашите се в тях неогенски сегменти (а и по-старите, палеогенски наслаги), така и съседните хорстове се наклоняват напречно на надлъжните си оси, като с всички тези особености засилват хетерогенния характер на кората и услож-



Проф. д-р Иван Загорчев, член-кореспондент на БАН, работи повече от 50 години върху проблемите на геотектониката и регионалната геология на България и Балканския полуостров. Автор и съавтор е на повече от 300 научни статии, съобщения, геоложки карти и пътеводители и части от 8 монографии. Настоящата статия се основава върху дълголетните изследвания на българските тектоники и сеизмолози, както и на собствените му изследвания.

няват тектонския (съответно и земетръсен) режим.

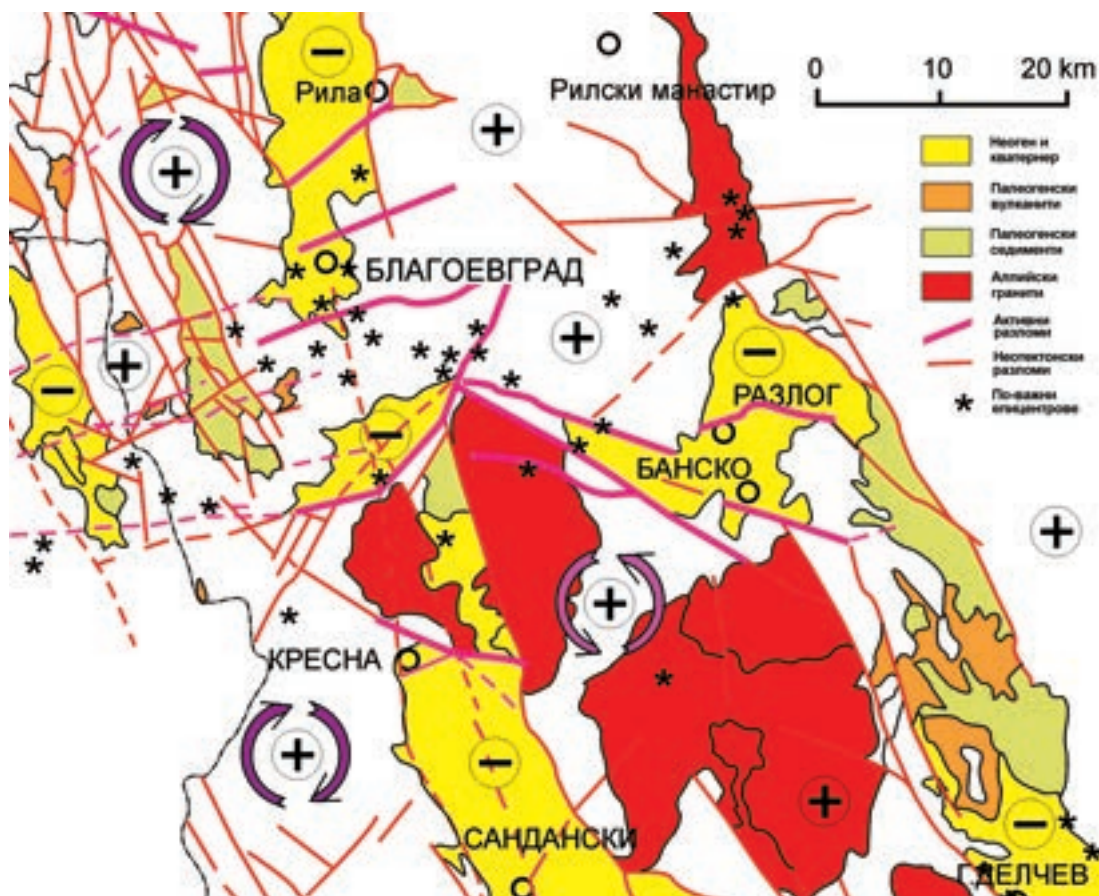
Поради значителните хоризонтални размествания по трите разломни пояса, при това с еднакъв знак (дясно отсядане), наблюдаваме и развитие на регионални ротационни (въртеливи) деформации. Доколкото няколко независими палеомагнитни изследвания доказаха почти пълната липса на ротационни деформации в Родопския масив за времето от късния олигоцен до днес, ротационните деформации засягат диференцирано по-малки участъци и блокове. Така Дарданският (Сръбско-Македонският) екстензионен участък, както и Хеленидния ороген, показват устойчива дясноротационна (по посока на часовниковата стрелка) тенденция, докато северната част на Пиринския хорстов блок има обратна, ляворотационна тенденция. Такава тенденция може да се предположи и за целия Егейски екстензионен регион, или поне за северните му части.

Сложността на тектонските обстановки и процеси обуславя и разнообразието на земетръсните прояви и на тяхното отгра-

жение върху земната повърхност и хората. Разбира се, от много голямо значение е и характерът на постройките и тяхната основа – здрава, твърда скала, рохкава, слабо споена скала или почва. Цялата територия на България е част от Алпо-Хималайския земетръсен пояс, но сеизмичното райониране различава, както въз основа на земетръсната дейност в историческо време, така и въз основа на сеизмотектонска преценка, земетръсни области с по-висок риск от възникване на високомагнитудни земетресения и области, в които могат да се очакват само редки и нискомагнитудни земетресения.

Най-рискови по отношение на високомагнитудните земетресения са разломните пояси (Струмски и Маришки), които са съста-

вени от голям брой частни разломи с разсеген характер. Тъй като в миналата история на тези пояси са наблюдавани и значителни отседни размествания, такива биха могли да се осъществят и при бъдещи тектонски, респ. земетръсни събития. Маришкият и Струмският разломен пояс, както и сателитната спрямо Струмския пояс Местенска разломна зона са местата на най-рисковите земетръсни области у нас – Софийската, Маришката и Струмската, като високият риск се дължи не само на тектонския режим, но и на лабилната скална основа на строителството (предимно неогенски и кватернерни слабо споени скали, като пясъци и чакъли), на гъстотата на населеността и на голямата височина на сградите.



Тектонските наблюдения показват, че земетръсните прояви са свързани с движения по отделни сегменти от разломните нарушения, но не само от надлъжните такива, а и от нарушения, разположени напречно или косо спрямо самите разломни пояси. В местата на пресичане на напречните с надлъжните разломи (сеизмотектонските възли) се натрупват най-значителни напрежения и съответно те са най-рисковите места за възникване на земетресения. Един от най-добре изучените примери е този на Крупнишкия (Кресненския) сеизмотектонски възел, където е бил и епицентърът на най-силното, едноименно земетресение на Балканския полуостров (4.04.1904 г., магнитуда около 7,8). В епицентралния участък се наблюдава пресичане на някои от главните нарушения на Струмския разломен пояс от коси до напречни разседи (Крупнишки разлом). На мястото на пресичането посоката на Крупнишкия разлом се изменя – от почти изток-западна на запад от Струмския разлом тя става север-североизток – юг-югозападна на изток от него. Доскоро бяха запазени щрихите на триене по повърхнината, по която е станало едно от последните придвижвания, и от тях се вижда, че движението преобладаващо е било разседно, но и с една отсегна компонента от около 10 %. Сложността на тектонската обстановка се дължи на няколко фактора: пресичането и взаимното разместване на два големи разлома; наличието на отсегна компонента, която в някои етапи вероятно е била водеща (общата дясноотсегна компонента на разместване по Струмския разлом се оценява на около 3,5 – 5 км за последните около 35 млн. години); относителното наклоняване на целия Пирински хорст през последните около 10 млн. години, при по-голямо издигане на северните и западните му части спрямо източните, както и наклоняване на Симитлийския грабен към югоизток и на Санданския грабен към изток-североизток; относителното дясно завъртане (ротация в посока, обратна на движението на часовниковата стрелка, при един ъгъл от около 7° за последните 10 млн. години, и сумарно около 40° за последните 30 млн. години) на северните части на Пирин-

ския хорст спрямо съседните блокове. Този сложен характер на движенията по разломните нарушения в Кресненския тектонски възел обуславя дори по-голям интензитет на земетресенията спрямо очакванията въз основа на дължината на активизираните по време на земетресенията разломи.

Освен земетресенията, свързани с движения по големите разломни пояси у нас, няколко земетръсни области или по-малки епицентрални участъци са свързани с малко по-различни тектонски явления. Един земетръсен район е свързан с няколко разседа, които съвпадат със стръмните брегове на Северното Черноморие при гр. Шабла и носове Килиакра и Емине; последното голямо земетресение е през 1901 г. при $M = 7,2$. Много известна с Горнооряховското (1913, $M = 7$) и Стражишкото (1986, $M = 5,7$) земетресение е Горнооряховската земетръсна област, разположена по дължината на коси спрямо Балканидния ороген разломи с разседен характер, вероятно и с отсегна компонента. Според акад. Е. Бончев тези нарушения са свързани с голяма линейно-изтеглена позитивна корова структура с изток-североизточна посока – Диагоналния вал.

По-особен характер има Провадийският земетръсен район, който е свързан с нестабилната обстановка около Мировския солен шок. Поради високата пластичност и по-ниското относително тегло телата, изградени от природни соли, имат способността да се придвижват нагоре сред вместващите ги скали, като използват или създават нови разломни нарушения. Тези движения се придружават от умерена по сила земетръсна дейност.

Земетресенията са основна геодинамична опасност за Балканския полуостров и България. Сеизмотектонските изследвания разширяват възможностите на сеизмологията, като очертават сеизмогенериращия потенциал на активните разломи. Българските учени, работещи в областта на сеизмологията и геотектониката, имат дълга и плодотворна традиция на сътрудничество, в резултат на което са постигнати сериозни резултати в изясняването на земетръсната опасност. ■