

Геол. ан. Балк. полуос. Ann. Geol. Penins. Balk.	62	25–45	Београд, децембар 1998 Belgrade, Decembre 1998
---	----	-------	---

УДК 551.248.2(497.11)

Оригинални научни рад

ГЕНЕЗА НЕОТЕКТОНСКИХ СТРУКТУРА СРБИЈЕ

од

Милуна Маровића*, Илије Ђоковића* и Маринка Тољића¹

Терени Србије имају занимљив неотектонски склоп настао вишефазним обликовањима. Три су главна геодинамичка процеса учествовала у његовом уобличавању: (1) компресиони стрес генерисан колизионим односима Јадранске плоче и динаридско–хеленидског орогена, (2) изостатичка реакција као последица задебљања или истањења земљине коре и (3) екстензиона активност и поткорни термални процеси који су довели до истањења земљине коре. Дејством сваког процеса понаособ и њиховом интеракцијом током неколико крупних, временски и по садржају, јасно дефинисаних фаза обликовања, финализован је сложен спектар неотектонских структура. При томе, морфолошки и кинематски најупадљивији су они структурни елементи чије је формирање контролисао доминантни геодинамички процес. Издвојено је неколико крупних неотектонских целина и јединица на територији Србије и посебна пажња је посвећена њиховој генези и фазама развоја.

Кључне речи: неотектоника, неотектонске структуре, неотектонски развој, Србија.

УВОД

После вишефазних мезозојско–палеогених тектонских обликовања терена Србије која су била усмерена углавном на сажимање структурно–фацијалних (формационих) садржаја (убирања, навлачења, краљуштања и раседања), у неогену (почев од карпата или отпања?) и квартару долази до активирања другачијих процеса тектогенезе. Они су се испољили, генерално посматрано, и даље, у једном компресионом простору, али са знатно измењеним ефектима деловања – односно структурним карактеристикама. На тај начин алпски тектоген на подручју Србије добио је нова морфолошка и кинематска обележја. Она су последица: (1) компресије која потиче од перманентног хоризонталног померања Јадранске плоче према северозападу и колизије са динаридским орогеном, (2) изостатичког реаговања издизањем оних области у којима су извршена знатна мезо–кенозојска тектонска сажимања фацијалних и формационих садржаја при чему је дошло до релативног задебљања земљине коре (Динариди, делови Српско–македонске масе и Карпато–балканиди), (3) панонског и егејског (у мањој мери) колапса који су изазвани екстензионим процесима и подлитосферном термалном активношћу а испољили се спуштањима делова алпског орогена. Од интензитета свих ових процеса и њихове временски и

* Институт за регионалну геологију и палеонтологију Рударско–геолошког факултета Универзитета у Београду, Каменичка б. 11 000 Београд.

просторно диференциране интеракције зависили су: генеза, морфологија, кинематика и развој неотектонских структура на подручју Србије. Такође, захваљујући овим покретима и, царавио, у комбинацији са егзогеним факторима, формираи је савремени рељеф на територији Србије.

Учествујући последњих неколико година на пројекту Сеизмотектонска карта Србије размере 1:500 000 и 1:200 000 аутори овог рада су прикупили и обрадили обиман чињенички материјал о неотектоници појединих региона Србије и презентирали га у бројним публикацијама. Даљом синтетизацијом резултата истраживања комплетирана је целовита слика неотектонског склопа и активности читаве територије Србије и приказана у виду неотектонских карата размере: прво 1:2 000 000 а затим п 1:500 000. Део ових проучавања у скраћеном обиму са нагласком на генезу и развој неотектонског склопа тема је расправе у овом раду. На жалост, због ограничених техничких могућности часописа, графички прилог у облику неотектонске карте је морао бити редукован и упрошћен, тако да знатно одступа од оног што је урађено оригиналним размерама.

КРАТАК ОСВРТ НА НЕКЕ ДОСАДАШЊЕ СИНТЕЗНЕ ПРИКАЗЕ НЕОТЕКТОНИКЕ СРБИЈЕ

Неотектонска активност терена Србије разматрапа је у бројним радовима мањих аутора. Најчешће је реч о резултатима истраживања мањих а ређе и крупнијих делова територије Србије. Синтезни прикази неотектонске активности за читаву територију Србије су ретки. Прва графичка презентација неотектонског склопа подручја Србије као целине налази се на неотектонској карти СФР Југославије размере 1:1 500 000 (Ђирић, 1968). Реч је о карти богатог садржаја и сходно тадашњем познавању чињеница и података о неотектонској активности терена Србије, постојећој методологији и технологији израде, урађена је на релативно високом нивоу.

Други сличан, али мање квалитетан синтезни приказ неотектонике Србије налази се на неотектонској карти такође претходне Југославије (Arsovski, 1974). Карта и пратећи текст урађени су за потребе проучавања сеизмичности Балканског полуострва. Карта је по садржају једноставна, али и поред тога графички компликована и непрегледна.

Сикошек (1976) у оквиру едиције Геологија Србије (Тектоника) приказује неотектонске карактеристике терена Србије (углавном раседни склоп) и све то документује једном врло упрошћеном неотектонском картом, пре би се могло рећи скицом.

Анђелковић (1982) у уџбенику Геологија Југославије (Тектоника) једно релативно велико поглавље посвећује неотектоници простора претходне Југославије, а тиме и Србије, али без синтезног графичког приказа такве активности.

Један од најповијих синтезних приказа неотектонских односа у теренима Србије налази се на неотектонској карти (Комарницки и др., 1997), из едиције Геолошки атлас Србије 1:2 000 000. Карта је јако упрошћена, садржи три категорије података: амплитуде вертикалних неотектонских покрета, неотектонски активне раседе и нека њихова кинематска својства (само гравитациона кретања). С обзиром на постојеће чињенице и податке који се односе на неотектонску активност терена Србије, карта је непотпуна и пре свега нетачна, јер су приказани елементи често контрадикторни, без геолошког смисла и не уклапају се у познату слику распореда и кинематике неотектонских структура.

Маровић и Ђоковић (1997), израдили су неотектонску карту размере 1:2 000 000 са пратећим текстуалним објашњењем за територију садашње Југославије која ће бити објављена у Енциклопедији Српског народа (ЕСНА), област Геологија. Карта је синтетног карактера и релативно богатог садржаја, али је ипак реч о графичком приказу који је намењен енциклопедијском издању.

НЕОТЕКТОНСКА РЕЈОНИЗАЦИЈА ТЕРЕНА СРБИЈЕ – ГЛАВНЕ НЕОТЕКТОНСКЕ ЈЕДИНИЦЕ –

Морфологија неотектонских структура на територији Србије и њихове кинематске карактеристике последица су: (1) основног геоструктурног плана који је непосредно претходио неотектонској етапи развоја ових терена (типови геоструктура, блоковска издељеност, дебљина земљине коре и др.) и (2) процеса тектогенезе испољених током неотектонске етапе. Уважавајући ове чињенице, на простору Србије могућно је издвојити две крупне геоструктурне целине, у којима су се, генерално посматрано, неотектонска обликовања различито испољавала: (1) област алпских пренеотектонских сажимања литофацијалних (формационих) садржаја (ороген) и (2) платформна и периплатформна област (западни обод мезијске платформе са уским перимезијским орогеним ентитетом)

Област алпских пренеотектонских сажимања мезо–кенозојских седиментационих садржаја

Ова крупна (нео)геоструктурна јединица заузима готово читаву територију Србије (изузев крајњег североисточног дела). У оквиру ње се могу издвојити две мање геоструктурне целине: једна у којој су била доминантна спуштања (војвођански део Панонског басена и његово јужно перибасенско окружење) и друга, која је била изложена оншгим и блоковским умереним до јаким издизањима (динаридски, карпато–балканидски и српско–македонски морфоструктурни низови). Критеријуми за овакав начин дефинисања неотектонских јединица били су: интензитет и доминантни знак вертикалне неотектонске мобилности терена. Међутим, основу свега представљала је хоризонтална геодинамичка активност система: Јадранска плоча, алпски ороген (укључујући панонски и егејски колапсни догађај) и Евроруска (Мезијска) табла.

Панонски басенски простор и његово јужно окружење, рачунајући и читав Великоморавски ров, формиран су на једном делу Динарида, Панонида, Српско–македонске масе и Карпато–балканида. Чини га скуп мозаично укомпонованих блоковских структура где је код већине њих доминантна компонента неотектонског кретања била субсиденција (сл. 1). У том смислу активирани су раседи чија је неотектонска геометрија углавном контролисана каснопалеогеним руптурним "предцртежом" а неотектонска кинематика била производ тензионе, ређе и трансензионе активности (гравитационо раседање). Истим елементима маркирана је морфологија и кинематика неотектонских блоковских структура.

Интензитет укушног неотектонског спуштања блокова унутар српског дела Панонског басена је различит: највећи је у области севернобанатског рова (3–4 km и више) и Мако рова (око 3 km). У перипанонском басенском простору највећа укупна неотектонска спуштања забележена су у Великоморавском рову у депресијама: дрмањској (преко 4 km), марковачкој (преко 4 km), градиштанској (преко 2 km) и смедеревској (преко 2,5 km).

У осталом делу алпског орогена на територији Србије доминирала су неотектонска издизања. Она су довела до формирања истакнутих морфоструктурних низова у домену Динарида, Карпато–балканида и Српско–македонске масе, односно на подручју оних њихових делова који нису били захваћени панонским колапсом, или где се он није у потпуности реализовао. Највише су издигнути аксијални делови Динарида (0,5–1,5 km и више) и Карпато–балканида (0,5–1,0 km и више), а мање они делови орогена који се налазе у перипанонском окружењу (до 0,5 km, ређе и више).

У оквиру неотектонски издигнутих области Динарида, Карпато–балканида и Српско–македонске масе налазе се бројни интра–планински басени који су испуњени углавном слатководним наслагама, претежно еквивалентима карпата (отнага?)–доњег бадена, али и знатно млађим (плиоценским). Највећи број ових басена међу којима се величином издвајају: ваљевско–мионички и чачанско–краљевачки (у домену Динарида), звишки, жагубички, сокобањски (у домену Карпато–балканида) генетски је везан за почетак панонског колапса. Међутим, већ од средњег бадена и дефинитивно у сармату већина је инвертована, захваћена издизањима и укључена у морфоструктурне низове Динарида, Карпато–балканида и Српско македонске масе. Субсиденцијална активност у овим басенима је била различитог интензитета местимично врло висока, нарочито у великим депресионим структурама као што су чачанско–краљевачка (2,5 km и више), жагубичка и сокобањска (1 km и више).

Мањи број ових басена на југу и југоистоку Србије (метохијски, косовски, врањски и др.) генетски је везан за субсиденцијалне догађаје у егејском и периегејском простору. Они су у највећој мери испуњени млађим слатководним наслагама (еквивалентима доњег плиоцена) местимично велике дебљине (метохијски басен 1,5 km, косовски 0,75 km) што је сразмерно интензитету спуштања.

Платформно и периплатформно подручје

Територији Србије припада и један мали део Мезијске платформе и перимезијског (источног перикарпатског) мезозојско–палеогеног форланда (СИ Србија). Таква једна релативно консолидована основа током неотектонске етапе (али и раније) била је изложена континуираним спуштањима, при чему је настао пространи Дакијски басен (Влашко–понтска депресија). Интензитет спуштања у српском делу Дакијског басена је реда величина од 0,5 до 2,5 km.

ФАЗЕ РАЗВОЈА НЕОТЕКТОНСКОГ СКЛОПА

Неотектонски склоп терена Србије формиран је вишефазним обликовањима и у условима доминације различитих геодинамичких догађаја. Сагласно томе мењала су се напрезања а тиме и морфологија и кинематика неотектонских структура. Стога је данашња слика неотектонског плана резултат суперпоновања више различитих неоструктурних садржаја где је морфолошки, па и кинематски, најупадљивији онај чије је формирање обележио доминантни процес обликовања.

Утврђено је, временски и по садржају, неколико крупних јасно дефинисаних фаза неотектонских обликовања. Оне су резултат интеракције три геодинамичка процеса испољена током неотектонске етапе развоја терена Србије: (1) сталног компресионог режима у домену орогена између Јадранске и Евроруске (Мезијске) платформе, генерисаног хоризонталном мобилношћу Јадранске плоче, (2) изостатичког реаговања издизањем области орогена а као последице задебљања земљине

коре и (3) јаких екстензионих процеса и истањења земљине коре у панонском и перипанонском простору и епизодне улоге сличних процеса у периегејском домену. Поред тога важан елемент био је и склоп, посебно раседни, и блоковска издљеност, који су непосредно претходили неотектонској етапи развоја ових терена.

Рани доњи миоцен

Тектонска активност и склоп формиран у раном доњем миоцену, непосредно су претходили неотектонској етапи развоја ("предцртеж"), и стога заслужују да им се посвети посебна пажња. Терени Србије, готово у целини, припадају геоструктурној области која је била захваћена вишефазним пренеотектонским алпским сажимањима и формирањем југозападно и западновергентних (у Динаридима) и источновергентних (у Карпато–балканидима) наборних структура, навлака и краљушти. Услед такве активности извршено је и сажимање мезозојско–палеогених литофацијалних (формационих) садржаја и генерисање релативно дебеле земљине коре. Последњи сличан јак компресиони догађај десио се у раном доњем миоцену. Њиме је коначно дефинисан основни раседни склоп и блоковска издљеност који ће бити касније, током неотектонске етапе, поново, више пута активирани углавном са измењеним кинематским својствима.

Главна места припада лонгитудиналним раседима пружања од СЗ–ЈИ до ССЗ–ЈИ у Динаридима и ССЗ–ЈИ до С–Ј у Карпато–балканидима. Олигоценски и доњомиоценски слатководни басени који су местимично били распоређени унутар деоница ових раседа, овим последњим компресионим актом доживели су драматично врло често и транспресионо инвертовање које је нарочито било изражено у граничној зони Српско–македонске масе и Карпато–балканида и у самим Карпато–балканидима. Csontos (1995) овај последњи јак компресиони догађај доводи у везу са завршетком инкорпорирања Тисијско–дакијског панонског континенталног епитета (са јако наглашеном ротацијом у смеру кретања казалеке на сату) у јужни део будућег панонског басенског простора – и који је проузроковао, између осталог, и изразито закривљење јужнокарпатског лука.

Друга два добро изражена система раседа у односу на пружање регионалних тектонских јединица и наборних структура имају трансверзалан и дијагоналан карактер. То су раседи пружања СИ–ЈЗ, С–Ј, И–З (у Динаридима) и СИ–ЈЗ, СЗ–ЈИ, ЗСЗ–ИЈИ (у једном делу Вардарске зоне, Српско–македонској маси и Карпато–балканидима). Често, многи од њих у то време представљају коњуговане парове раседа са израженим десним и левим хоризонталним кретањима.

Што се тиче вертикалне тектонске мобилности терена Србије непосредно пред неотектонску етапу она, судећи према геолошким и геоморфолошким подацима, није била јаче испољена. Тек је током неотектонске етапе дошло до изразите хиписометријске денивелације ових простора.

Касни доњи и рани средњи миоцен

У карпатском веку а можда и раније (у отпаншком?) отпочиње процес истезања панонске основе што је било праћено истањењем земљине коре и диференцијалним спуштањем блокова. Данас постоји велика сагласност готово свих савремених истраживача, да је панонски басенски систем настао као последица литосферне екстензије и да обухвата области са танком континенталном кором и високом температуром литосфере. Другим речима, дефинисан је као басен настао иза острвског лука формираног у

процесу субдукције и колизије европске истањене (или океанске?) коре под континенталне фрагменте унутрашњих Карпата. Индивидуалисани басени и ровови у панонском простору везани су за локалне крусталне екстензије односно транстензиону активност раседа пружања СИ–ЈЗ и ЗСЗ–ИЈИ као и за тензионе процесе и нормално раседање. Такође, већина аутора сматра да се процес спуштања у панонском басену одвијао током две фазе. У првој фази (карпат–баден–сармат) спуштања су била углавном последица крусталне екстензије и одвијала су се брзо и у строго дефинисаним раседним границама. За другу фазу (панон–плиоцен–квартар) карактеристична су лаганија спуштања проузрокована опадањем термалних аномалија.

Без обзира на чињеницу да територији Србије припадају углавном периферни јужни и југоисточни делови Панонског басенског простора литосферна екстензија и "посттектонска" термална активност су и у овим теренима дошли до пуног изражаја (Маровић и др., 1996). Чак су присутне и одређене специфичности у активности које су последица локације делова овог простора у једном блиском компресионом окружењу између Динарида и Карпато–балканида (Великоморавски ров).

Карпатском екстензијом захваћен је војвођански део Панонског басена*, јужно и југоисточно перибасенско подручје укључујући Великоморавски ров и његово шире окружење (на западу широк појас Динарида и на истоку готово читаве Карпато–балканиде Србије). На то упућују бројни лакустријски басени на територији Србије, смештени јужно од Саве и Дунава, а између Дрине и Тимока и који прекривају један широк појас "левкастог" изгледа. Геофизички подаци и подаци из бушотина показују да сличне творевине постоје и у војвођанском делу Панонског басена. У палеогеографском смислу то су простори који су током карпата и доњег бадена представљали углавном системе више или мање повезаних језера (у северним деловима има елемената који упућују и на морски акваторијум).

Средњи миоцен

Према већини интерпретатора неогене еволуције Панонског басена истезање напонске основе започето у карпату доживело је пароксизам у бадену (нарочито) и сармату. Скраћивање у спољашњим Карпатима и сукцесивна латерална миграција навлачних система од севера према истоку компензовани су генералним истезањем у интра–Карпатској области (Royden, 1988). Оса максималног стреса (σ_1) је вертикална, а минималног (σ_3) хоризонтална и оријентисана правцем И–З (Peterson & Decker, 1996).

Оваква активност рефлектовала се и на српски део Панонског басена и јужне делове његовог перипанонског окружења. На тај начин дошло је до даљег интензивирања тензионих делимично и транстензионих процеса (бачко–банатска зона разламања са елементима десних хоризонталних смицања (Маровић и др., 1996), нормалног раседања и спуштања. То је имало за последицу да је у средњем бадену (у српском делу Панонског басена и његовом ближем перипанонском окружењу још у карпату и доњем бадену) извршена ингресија морских вода из панонског акваторијума према областима јужно од Саве и Дунава, у подручје Великоморавског рова, међу континенталне пределе Динарида и Карпато–балканида.

Екстензионим процесима нису били захваћени сви они терени јужно од Саве и Дунава у оквиру којих су били распрострањени претходни карпатско–доњобаденски баса-

* Структуре карпатско–доњобаденске екстензије у области војвођанског дела Панонског басена и његовог ужег јужног окружења нису доступне директном проучавању јер су прекривене млађим седиментима. Исто важи и за структуре баденско–сарматске екстензије.

ни. С обзиром да је реч о простору који је смештен у једном изразито компресионом окружењу где су екстензиони процеси са удаљавањем од Панонског басена били све слабијег интензитета, почетком средњег бадена дошло је до инверзије великог броја ових басенских структура источно и западно од великоморавског рова и њиховог ишкорпорирања у издигнуте морфоструктурне целине Динарида и Карнато–балканида чија хипсометријска диспонираност почиње све више да долази до изражаја.

Инвертовани су и неки карпатско–доњобаденски басени унутар Великоморавског рова пре свега они у његовом јужном делу (топлички, нишки и лесковачки). Међутим, испољена издизања су била знатно слабијег интензитета него што је то случај са басенским просторима који су се налазили у области Динарида и Карпато–балканида, источно и западно од Великоморавског рова. Такав тренд активности биће карактеристичан и за касније инверзије у Панонском и перипанонском подручју, које је било изложено јаким екстензионим процесима, истањењу земљине коре и спуштањима, све до у рецентно време.

Крајем доњег сармата, интензивира се инверзија неогених депозиционих простора, што је праћено повлачењем панонских вода према северу. Екстензиони процеси постепено слабе, доминира компресиони стрес и изостатичка издизања делова Динарида, Карпато–балканида и Српско–македонске масе. Постаје све израженија хипсометријска денивелација између издигнутих морфоструктура Динарида, Карпато–балканида и Српско–македонске масе са једне, и Панонског басена и његовог перибасенског окружења, укључујући и читав Великоморавски ров, са друге стране.

Паралелно са средњомиоценом субсиденцијалном активношћу у области Панонског басена, у теренима на југу Србије почиње да се испољава један нов процес који ће у плиоцену доћи до пуног изражаја. Реч је о релативно широкој трансверзалној зони на потезу Скадар–Пећ–Врање, у којој се налази неколико басенских структура, смештених међу високо издигнуте морфоструктуре Динарида, Хеленида и Српско–македонске масе. Геометрија и кинематика басена у оквиру овог подручја и њихова еволуција последица су тектонске и геодинамичке активности која је одговорна за формирање хеленског острвског лука и егејског колапса. Област поменуте трансверзале представља крајњу северну границу утицаја ових процеса који су проузроковали егејски колапс.

Новији подаци показују да је подручје Хеленида – јужно од трансверзале Скадар–Пећ од средњег миоцена до у рецентно време било изложено двофазној ротацији у смеру кретања казаљке на сату. Ове ротације последица су геписења хеленског острвског лука. Прва фаза ротације Хеленида, обављена је током средњег миоцена (Kissel & Laj, 1988). Као последица такве кинематике, тада је између Хеленида и Динарида (који уосталом нису били изложени некој већој ротацији) у домену трансверзале Скадар–Пећ дошло до истезања и образовања басенских структура у којима су одлагане слатководне наслаге (доњи пакет наслага у метохиском басену). Није познато да су слични покрети били присутни и у другим басенима на подручју трансверзале Скадар–Пећ (дренички, косовски, врањски). Чини се ипак, да је ова активност била много слабијег интензитета него она која ће са истим кинематским обележјима наступити у плиоцену.

Највећи део алпског орогена на територији Србије а и шире (изузев Панонског басена и његовог ужег перибасенског окружења) био је захваћен општим издизањима. Она су последица изостатичке реакције простора са релативно дебелим земљином кором. Међутим, поред општих, вероватно су била присутна и мања импулсна блоковска издизања проузрокована компресионим стресом.

У мезијском и перимезијском подручју (СИ Србија–Неготинска Крајина), у средњем бадену се интензивирају спуштања која су омогућила продор морских вода у делове Карпато–балканида (зајечарски басен, Слатина). У сармату, међутим, услед јачег издизања на подручју Карпато–балканида, долази до инверзије једног дела ових седиментационих простора а спуштања се настављају само у подручју Дакијског басена.

Горњи миоцен

У горњем миоцену (сармат–панон–понт) екстензиони процеси у панонском простору су врло ослабљени, готово угашени, и у њему се на даље све до у квартал одвијају лагана спуштања проузрокована опадањем термалних аномалија и хлађењем литосфере, са најмање две компресионе епизоде нејасног порекла (Csontos, 1995). Спуштања су чак у појединим деловима интензивирани (Панонски басен, Шабачка Посавина, Колубаро–Тамнава, београдско–шумадијска греда).

Колизиони процеси између фрагмената источних и јужних Карпата и Европске (Мезијске) платформе слабе и постепено се завршавају. Оса максималног стреса (σ_1) у систему Карпати–Панонски басен је хоризонтална и пружања И–З, а минималног (σ_3) вертикална.

У осталом делу орогена настављају се издизања, а у перипанонској области обавља се инверзија средњо–горњомиоценоских басенских простора. Интензитет издизања био је различит и пропорционалан дебљини земљине коре у овим теренима. Аксијални делови Динарида, Карпато–балканида и јужни делови Српско–македонске масе су захваћени знатно јачим издизањима него перипанонски простори укључујући и Великоморавски ров.

На југу Србије у области трансверзале Скадар–Пећ–Врање током горњег миоцена, услед слабљења и престанка ротације у домену хеленског лука а тиме и одговарајуће екстензије, субиденцијални процеси су престали и ово подручје је такође захваћено издизањима.

Плиоцен–квартар

Током плиоцена и квартара у панонском региону настављена су "посттектонска термална" спуштања али са сталном тенденцијом слабљења. Оса максималне компресије у Карпато–панонском подручју је хоризонтална и оријентисана правцем С–Ј (у плиоцену) до СИ–ЈЗ (у квартару).

У области СИ Србије (Дакијски басен) спуштања се настављају у плиоцену и у квартару али са тенденцијом слабљења. Међутим, крајњи западни делови Дакијског басена, они који су "наслоњени" на издигнути Карпато–балкански морфоструктурни низ, су почетком плиоцена инвертовани.

У домену трансверзале Скадар–Пећ–Врање почетком плиоцена је дошло до интензивирања спуштања и дефинитивног уобличавања метохијског, косовског, врањског и неких других мањих басена у овом коридору. Оваква активност је генетски везана за другу фазу ротације Хеленида у смеру кретања казаљке на сату јужно од трансверзале, генерисање западног дела хеленског острвског лука и одговарајући јак гравитациони колапс егејског и периегејског подручја.

Геодинамички процеси у егејско–хеленидском подручју одговорни су и за једно релативно слабије истезање у домену трансверзале Скадар–Пећ–Врање правцем СЗ–ЈИ праћено диференцијалним спуштањем блокова (басени: метохијски, ко-

совски, врањски и други) а које је последица различите хоризонталне мобилности: са једне стране Динарида (релативно стабилни и без ротације) и са друге стране Хеленида (који су били изложени ротацији у смеру казаљке на сату) (Маровић и Ђоковић, 1995). Ови процеси у квартару постају мање доминантни, али у сваком случају присутни, о чему сведоче савремена блоковска спуштања јужних делова лесковачког басена, затим врањског басена и подручја Витине, као и сеизмична активност коридора Скадар–Пећ–Врање.

Највећи део територије Србије у плиоцену и квартару био је изложен општим и блоковским издизањима, која су генетски, по интензитету па и захваћеним просторима слична онима из претходне фазе неотектонског обликовања.

У рецентно време слаба спуштања присутна су у готово читавом панонском простору (изузев Фрушке горе и источног обода Панонског басена) затим у северном делу Великоморавског рова (доњи ток реке Мораве), у Дакијском басену и на неколико већ поменутих локација у домену трансверзале Скадар–Пећ–Врање.

Трајекторије савременог компресионог стреса за подручје Србије, су хоризонталне и генерално посмагано, оријентисане правцем СИ–ЈЗ (стрес као последица колизионих односа Јадранске плоче и динаридског орогена) са једним синусоидним повијањем према истоку на подручју ЈЗ Србије, Старе Рашке, Голије и Копаоника. Повијање трајекторија компресионог стреса је последица тектонског транспорта блокова на овом подручју дуж коњугованог система раседа пружања СИ–ЈЗ (десни хоризонтални) и И–З (леви хоризонтални) према подручју које је изложено плиоквартарном и савременом истезању, односно тензији (трансверзала Скадар–Пећ–Врање). Оваква активност потврђена је и бројним земљотресима на подручју Златара, Пештерске висоравни, Голије, Радочела, Чемерника, Копаоника и др.

У осталом делу територије Србије савремена напрезања најчешће се ослобађају импулсним покретима у граничним зонама подручја са различитом дебљином и неоструктурном грађом земљине коре (динаридско–карпатско и панонско–перипанонско; мезијско–перимезијско и карпатско).

*

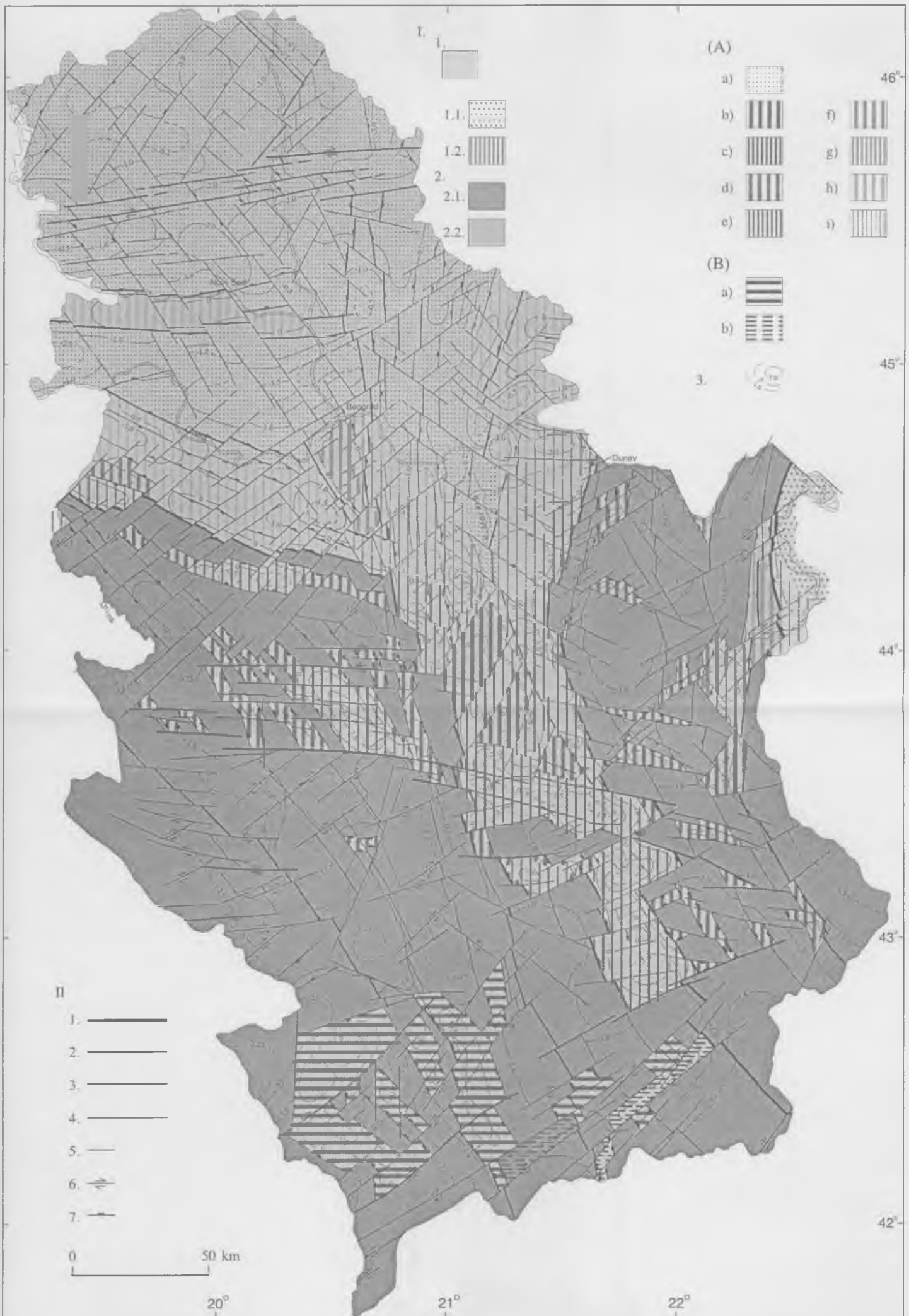
*

*

Неотектонска активност у теренима Србије у великој мери је изменила старије геоструктурне односе и дала квалитетно нове садржаје. Најупадљивије место у неотектонском склопу имају структуре настале вертикалном мобилношћу земљине коре: гравитационим колапсом алпског орогена (Панонски басен, перипанонско басенско окружење и периегејска област) и општим и блоковским издизањима убраних области (планински системи Динарида, Карпато–балканида и Српско–македонске масе). Прве су углавном последица екстензионих процеса и истањења земљине коре а затим и термалне и изостатичке активности. Друге (настале општим и блоковским издизањима) су генетски везане за изостатичке реакције задебљале земљине коре и компресиони стрес проузрокован колизионим односима Јадранске плоче и динаридско–хеленидског орогена. Томе би свакако требало додати и хоризонтални тектонски транспорт и ротацију Хеленида према југозападу и западу. Од интеракције наведених механизма зависили су морфологија и кинематика неотектонских структура и уопште сложеност неотектонског склопа.

Легенда I ТИПОВИ НЕОСТРУКТУРНИХ ЈЕДИНИЦА. 1. Платформа и периплатформна област; 1.1. Подручје сталних неотектонских спуштања са тенденцијом исте активности и у рецентно време; 1.2. Подручје у којем су се до краја меота испољавала спуштања, а на даље, до у квартал, слаба издизања; **2. Област мезозојско кенозојских (прекарпатских тектонских сажимања (алпски тектоген));** 2.1. Подручје са тенденцијом сталног неотектонског издизања; 2.2. Подручје развоја структура орогеног колапса; (А) Подручје диференцијалних спуштања изазваних процесима литосферне и кристалне екстензије (карпат-баден-доњи сармат) и "посттектонске" термалне и изостатичке активности (панон-квартар); (а) са тенденцијом таквих покрета смањеног интензитета и у рецентно време; (б) захваћено умереним до јаким издизањима од краја карпата и/или доњег бадена до у квартал; (с) захваћено слабир издизањима од краја карпата и/или доњег бадена до у квартал; (д) захваћено умереним до јаким издизањима од краја бадена до у квартал; (е) захваћено слабир издизањима од краја бадена до у квартал; (ф) захваћено умереним издизањима до краја панона (меота) до у квартал; (г) захваћено слабир издизањима од краја панона (меота) до у квартал; (х) захваћено умереним издизањима од краја понта до у квартал; (и) захваћено слабир издизањима од краја понта до у квартал; (В) Подручје диференцијалних спуштања блокова изазваних процесима литосферне и кристалне екстензије током средњег миоцена (I фаза) и плиоцена нарочито доњег (пароксизам покрета) и квартара (II фаза); (а) са испољаванем таквих покрета смањеног интензитета и у рецентно време; (б) инвертовано и захваћено умереним до јаким издизањима од краја доњег или средњег плиоцена до у квартал; **3. Изолиније величина сумарних вертикалних неотектонских покрета. II НЕОТЕКТОНСКИ РАСЕДИ.** 1. Који ограничавају најкрупније неотектонске јединице. 2. Који ограничавају крупне неотектонске јединице. 3. Који ограничавају веће неотектонске блокове и скупине блокова. 4. Који ограничавају мање неотектонске блокове и сви остали неотектонски раседи. 5. Без ознаке карактера кретања. 6. Са доминантним транскурентним кретањима. 7. Са доминантним гравитационим кретањима.

Legend: I TYPES OF NEOSTRUCTURAL UNITS. 1. Platform and periplatform area; 1.1. The area of constant neotectonic subsidence, with the same tendency in the Recent time; 1.2. The area in which subsidence has been occurring until the end of the Meotian, followed by slow upliftings, up to the Quaternary; **2. The area of the Mesozoic Cenozoic (pre-Karpatian) tectonic compressions (Alpine tectogene);** 2.1. The area with a tendency of continual neotectonic uplifting; 2.2. The area of development of the orogeny collapse structures; (A) The area of differential subsidence caused by the processes of the lithospheric and crustal extension (The Karpatian-Bademan-Lower Samatian) and "post-tectonic" thermal and isostatic activity (The Pannonian-Quaternary); (a) With the tendency of such movements of a lower intensity, also in the Recent time; (b) Subjected to moderate-to-strong upliftings, from the end of the Karpatian and/or the Lower Bademan, until the Quaternary; (c) Subjected to slow upliftings from the end of the Karpatian and/or the Lower Badenian, until the Quaternary; (d) Subjected to moderate-to-strong upliftings from the end of the Bademan, until the Quaternary; (e) Subjected to slow upliftings from the end of the Bademan, until the Quaternary; (f) Subjected to moderate upliftings from the end of the Pannonian (the Meotian), until the Quaternary; (g) Subjected to slow upliftings from the end of the Pannonian (the Meotian), until the Quaternary; (h) Subjected to moderate upliftings from the end of the Pontian, until the Quaternary; (i) Subjected to slow upliftings from the end of the Pontian, until the Quaternary; (B) The area of differential subsidence of blocks, caused by the processes of the lithospheric and crustal extension during the Middle Miocene (the first phase) and the Pliocene, particularly the Lower Pliocene (the paroxysm of the movements), and the Quaternary (the second phase); (a) With such movements of a lower intensity occurring also in the Recent time; (b) Inverted and subjected to moderate-to-strong upliftings from the end of the Lower or Middle Pliocene, until the Quaternary; **3. Isolines of the magnitude of the summary vertical neotectonic movements. II NEOTECTONIC FAULTS.** 1. Which are limiting the greatest neotectonic units, 2. Which are limiting great neotectonic units, 3. Which are limiting bigger neotectonic blocks and assemblages of blocks, 4. Which are limiting smaller neotectonic blocks and all other neotectonic faults, 5. Without a mark of the movement character, 6. With the dominant strike-slip movements, 7. With the dominant gravitational movements.



Геол. ан. Балк. полуос. Ann. Geol. Penins. Balk.	62	25-45	Београд, децембар 1998 Belgrade, Decembre 1998
---	----	-------	---

UDC 551.248.2(497.11)

Original scientific paper

GENESIS OF THE NEOTECTONIC STRUCTURES OF SERBIA

by

Milun Marovic*, Ilija Djokovic* and Marinko Toljic*

Terrains of Serbia have an interesting neotectonic fabric, which was made through polyphase forming. Three major geodynamic processes were involved in its shaping: (1) compressive intra-lithospheric stress, generated by collisional relationships of the Adriatic plate and Dinaro-Hellenic orogene, (2) isostatic compensation as a result of thickening or thinning of the lithosphere and (3) extensional activity and subcrustal thermal processes that resulted in thinning of the lithosphere. A complicated neotectonic fabric was finalized through the activity of every process itself, as well as through the interaction of the processes during a several major, time- and content-defined phases of shaping. In the morphological and kinematic sense, the most conspicuous are those structural elements the forming of which was controlled by a dominant geodynamic process. A several major neotectonic wholes and units were distinguished in the territory of Serbia, paying the special attention to their genesis and phases of development.

Key words: neotectonics, neotectonic structure, neotectonic development, Serbia.

INTRODUCTION

After the polyphase Mesozoic-Paleogene tectonic shaping of terrains of Serbia, which were directed mostly towards the compression of the structural-facial (formational) contents (folding, overthrusting, napping and faulting), different processes of tectogenesis were activated in the Neogene (starting from the Karpatian or Ottnangian?) and the Quaternary. Those processes were still distinguished, generally speaking, in a compressional region, but with sufficiently changed effects of activity – i.e. of structural characteristics. In that way, the Alpine tectogene in the territory of Serbia has acquired new morphological and kinematic features. These features are the result of: (1) the compression resulting from the permanent horizontal northwest movement of the Adriatic plate and the collision with the Dinaric orogene; (2) the isostatic uplifting reaction of the regions where major Mesozoic-Cenozoic tectonic compressions of the facial and formational contents were made, whereby a relative thickening of the crust has occurred (The Dinari-

* University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Institute of Regional Geology and Paleontology, Kamenička 6, 11000 Belgrade.

des. parts of the Serbo-Macedonian massif and the Carpatho-Balkanides); (3) the Pannonian and, to a smaller extent, the Aegean collapses which were caused by the extensional processes and sublithospheric thermal activity, and resulted in the subsidence of certain parts of the Alpine orogene. The genesis, morphology, kinematics and the development of the neotectonic structures in the territory of Serbia were dependent on the intensity of all of these processes and their time- and space-differentiated interaction. Owing to these movements and, of course, their combination with exogenous factors, the recent relief in the territory of Serbia was formed.

During the last few years, taking part in the Project Seismotectonic Map of Serbia (on the scale of 1:500,000 and 1:200,000), the authors of the paper have gathered and worked through a large sum of facts about the neotectonics of certain regions of Serbia, and they have presented it in numerous publications. By a further synthesis of the results of the research, a detailed picture of the neotectonic fabric and the activity in the whole territory of Serbia was completed and presented on neotectonic maps on a scale of: 1:2,000,000 and then 1:500,000. The topic of this paper is a shortened version of these researches with the emphasis on a genesis and the development of the neotectonic fabric. Unfortunately, due to the limited technical potential of the journal, the graphical enclosure comprising the neotectonic map had to be reduced and simplified, so it is sufficiently different from what was done on the original scale.

A SHORT REVIEW OF SOME OF THE LATEST SYNTHETIC PRESENTATIONS OF THE NEOTECTONICS OF SERBIA

The neotectonic activity of the terrains of Serbia has been discussed in numerous papers of our authors. In most cases, they refer to the results of the researches of smaller, and in some cases of the bigger parts of the territory of Serbia. The synthetic presentations of the neotectonic activity of the whole territory of Serbia are very rare. The first graphic presentation of the neotectonic fabric of the territory of Serbia as a whole can be found on the neotectonic map of SFR of Yugoslavia (1:1,500,000) (Ćirić, 1968). It is a very detailed map and, considering the then familiar facts and data about the neotectonic activity of the terrains of Serbia, the available methodology and the technology of the map production, it is of a relatively high quality.

Another similar synthetic presentation of the neotectonics of Serbia, but one of a lower quality, can be found on the neotectonic map of former Yugoslavia (Arsovski, 1974). The map and the enclosed text were produced within the research of the seismicity of the Balkan Peninsula. This map is rather simple by its content, but its graphics is complicated and indistinguishable.

Within the Edition *The Geology of Serbia (The Tectonics)* Sikošek (1976) gives the neotectonic characteristics of the terrains of Serbia (mostly fault fabric) and encloses a very simplified neotectonic map, or rather to say a sketch.

A relatively huge chapter in the *Textbook Geology of Yugoslavia (The Tectonics)* by Andjelković (1982) is dedicated to the neotectonics of the regions of the former Yugoslavia, which includes Serbia, but without the synthetic graphic presentation of such an activity.

One of the most recent synthetic presentations of neotectonic relations in the regions of Serbia can be found on the neotectonic map (Komarnicki et al., 1997) from the Edition Geological Atlas of Serbia (1:2,000,000). This map is very simplified. It includes three categories of data: the amplitudes of the vertical neotectonic movements, neotectonically active faults and some of their kinematic characteristics (only gravitational movements). Considering the available facts and data referring to the neotectonic activity of the terrains of Serbia, this map is insufficient and, above all, incorrect, because the presented elements are often contradictory, with no geological sense and they do not fit into the well-known picture of the distribution and the kinematics of the neotectonic structures.

Marović & Djoković (1997), have prepared a neotectonic map (1:2,000,000) and included textual explanation for the territory of the present Yugoslavia, which will be published in The Encyclopedia of the Serbian People (ESP), geological section. This map is of a synthetic character and a relatively rich content, but it is still a work meant for an encyclopedic edition.

NEOTECTONIC REGIONAL DISTRIBUTION OF THE TERRAINS OF SERBIA – MAJOR NEOTECTONIC UNITS

The morphology of the neotectonic structures in the territory of Serbia and their kinematic characteristics are the result of: (1) the basic geostructural plan immediately preceding the neotectonic stage of the development of these terrains (types of geostructure, block faulting, crust thickness...) and (2) tectogenetic processes during the neotectonic stage. Considering these facts in the territory of Serbia, it is possible to distinguish two major geostructural regions, in which the neotectonic shapings had, generally speaking, different effects: (1) the area of the Alpine preneotectonic compressions of the lithofacial (formational) contents (orogene) and (2) platform and peri-platform areas (the western rim of the Moesian platform with a narrow peri-Moesian orogenous entity).

The Area of the Alpine Preneotectonic Compressions of the Meso-Cenozoic Sedimentary Contents

This huge (neo)geostructural unit occupies almost the entire territory of Serbia (except the farthestmost northeastern part). Two smaller neostuctural units can be distinguished within it: one where the subsidence was dominant (Vojvodinian part of the Pannonian basin and its southern peri-basin surrounding); and the other which was subjected to moderate-to-strong upliftings, either general or of separate blocks (Dinaridic, Carpatho-Balcanic and Serbo-Macedonian morphostructural rows). The criteria for this way of defining the neotectonic units were the intensity and the dominant direction of the vertical neotectonic field mobility. However, the starting point was the horizontal geodynamic activity of the system: the Adriatic plate, the Alpine orogene (including the Pannonian and the Aegean collapse) and the Euro-Russian (Moesian) plate.

The Pannonian basin and its surrounding, including the whole trench of the Velika Morava, were formed in a part of the Dinarides, Pannonides, Serbo-Macedonian massif

and the Carpatho-Balkanides. It is composed of a complex of mosaically arranged blocky structures, the dominant component of the neotectonic movement for most of them being subsidence (Fig. 1). In that sense, the faults whose neotectonic geometry was mostly controlled by Late Paleogene former fabric were activated. The neotectonic kinematics of those faults was a product of the tensional or, in some cases, transtensional activity (gravity faulting). The morphology and the kinematics of the neotectonic blocky structures were marked by the same elements.

The intensity of the overall neotectonic subsidence of blocks within the Serbian part of the Pannonian basin is versatile: the highest being in the area of the North Banat trench (3–4 km and more) and Mako trench (approximately 3 km). The highest degree of the overall neotectonic subsidence in the peri-Pannonian basin was recognised in the Velika Morava trench, in the depressions of Drmno (over 4 km), Markovac (over 4 km), Gradište (over 2 km) and Smederevo (over 2.5 km).

In the other parts of the Alpine orogene in the territory of Serbia, the neotectonic upliftings were dominant. They caused the forming of protruding morphostructural rows in the domains of the Dinarides, Carpatho-Balkanides and Serbo-Macedonian massif, i.e. in the parts that were not subjected to the Pannonian collapse, or where the collapse was not complete. The most uplifted were the axial parts of the Dinarides (0.5–1.5 km and more) and the Carpatho-Balkanides (0.5–1.0 km and more). The parts of the orogene in the peri-Pannonian surroundings were less uplifted (up to 0.5 km or more).

Within the neotectonically uplifted areas of the Dinarides, Carpatho-Balkanides and the Serbo-Macedonian massif, there are numerous nuclear basins which are filled mostly with the freshwater deposits, equivalents of the Karpatian (Ottungian?)–Lower Badenian, but also with sufficiently younger (the Pliocene). The greatest number of these basins is genetically related to the beginning of the Pannonian collapse; the biggest among them are Valjevo–Mionica and Čačak–Kraljevo basins (in the domain of the Dinarides), and Zvižd, Žagubica and Soko Banja basins (in the domain of the Carpatho-Balkanides). However, beginning from the Middle Badenian and then definitely in the Sarmatian, most of them were subjected to inversion and uplifting and so became a part of the morphostructural rows of the Dinarides, Carpatho-Balkanides and Serbo-Macedonian massif. The subsidential activity in these basins was of various intensities. In some of them it was very high, mostly in the huge depressional structures, such as Čačak–Kraljevo (2.5 km and more), Žagubica, and Soko Banja (1 km and more) structures.

A small number of these basins in the South and the Southeast of Serbia (Metohija, Kosovo, Vranje and other basins) is genetically related to the subsidential events in the Aegean and peri-Aegean regions. In most cases, they are filled with younger freshwater deposits (equivalents of the Lower Pliocene), very thick in some places (Metohija (1.5 km) and Kosovo (0.75 km) basins), which is proportional to the intensity of the subsidence.

Platform and Peri-Platform Region

A small part of the Moesian platform and the peri-Moesian (eastern peri-Carpathian) Mesozoic–Paleogene forland (NE Serbia) also belongs to the territory of Serbia. Such a relatively consolidated basement was subjected to continual subsidence during the

neotectonic stage (and even before), which resulted in the forming of the Dacian basin (Valachian–Pontian depression). The intensity of the subsidence in the Serbian part of the Dacian basin ranges from 0.5 to 2.5 km.

THE PHASES OF THE NEOTECTONIC FABRIC DEVELOPMENT

The neotectonic fabric in the terrains of Serbia was formed by polyphase shapings and under the domination of various geodynamic events. In that sense, the stress was variable, so the morphology and the kinematics of the neotectonic structures were being changed. Therefore, the current picture of the neotectonic plan is a result of the superimposition of many different neostructural contents, morphologically and kinematically most conspicuous being the one whose forming was marked by a dominant process of shaping.

A several major time–and content–defined phases of the neotectonic shaping were distinguished. They are the result of the interaction of three geodynamic processes during the neotectonic stage of the development of the terrains of Serbia: (1) the constant compression in the orogenic domain between the Adriatic and the Euro–Russian (Moesian) platform, generated by the horizontal mobility of the Adriatic plate, (2) the isostatic uplifting of the orogenic domain as the result of the crust thickening, and (3) intense extensional processes of the crust thinning in the Pannonian and peri–Pannonian regions and similar processes in peri–Aegean domain, but of a smaller intensity. Besides all that, the important element was the fabric, especially fault fabric, and block faulting, which were immediately followed by the neotectonic stage of the development of these terraines.

The Early Lower Miocene

The tectonic activity and the fabric formed in the early Lower Miocene immediately preceded the neotectonic stage of development (former fabric), so they deserve special attention. Almost all terrains of Serbia belong to a geostructural region which was subjected to polyphase preneotectonic Alpine compressions, and to the forming of fold structures, nappes and overthrusts with SW and W vergence (in the Dinarides), and with E vergence (in the Carpatho–Balkanides). Due to such an activity, the compression of Mesozoic–Paleogene lithofacial (formational) contents has occurred and a relatively thick crust was generated. The last similar strong compressional event occurred in the early Lower Miocene. So, the basic fault fabric and the block faulting were finally defined; and then, during the neotectonic stage, they were activated again several times, mostly with changed kinematic properties.

The main role belongs to the longitudinal faults striking from NW–SE to NNW–SSE in the Dinarides; and from NNW–SSE to N–S in Carpatho–Balkanides. Oligocene and Lower Miocene freshwater basins which were partly distributed within fragments of these faults, were dramatically and often transpressionally inverted by this last compressional act, which was most evident in the border line of the Serbo–Macedonian massif and Carpatho–Balkanides as well as in the Carpatho–Balkanides themselves. Csontos (1995) relates this last strong compressional event to the end of the incorporation of the Tisza–Dacia Pannonian continental entity (with strongly emphasised clockwise

rotation) into the southern part of the future Pannonian basin. This event caused, among the rest, a sufficient bending of the South-Carpathian arch.

The other two clearly distinguished fault systems have a transverse and an oblique character, in relation to the strike of the regional tectonic units and fold structures. Those faults strike NE-SW, N-S, E-W (in the Dinarides), and NE-SW, NW-SE and WNW-ESE (in a part of the Vardar zone, the Serbo-Macedonian massif and the Carpatho-Balkanides). Many of them often represent at the same time the conjugate pairs of faults with left or right horizontal movement.

Judging by the geological and geomorphologic data, the vertical tectonic mobility of the terrains of Serbia immediately before the neotectonic stage was of a lower intensity. Only during the neotectonic stage, a sufficient hypsometric denivellation of these regions has occurred.

The Late Lower and Early Middle Miocene

In the Karpatian stage and perhaps even earlier (in Ottnangian?) the process of stretching of the Pannonian basement started, followed by the crust thinning and differential subsidence of blocks. There is a general agreement among almost all modern scientists that the Pannonian basin system originated as a result of lithospheric extension, and that it comprises the areas with a thin continental crust and high temperature of the lithosphere. In other words, it is defined as a back-arc basin formed during the subduction and collision of the European thinned (or oceanic?) crust below the continental fragments of the Inner Carpathians. Individualized basins and the trenches within the Pannonian region are in connection with the local crustal extension or transtensional activity of the NE-SW and WNW-ESE faults, as well as with tensional processes and normal faulting. The majority of scientists are also of an opinion that the subsidential process in the Pannonian basin went through two phases. During the first phase (Karpatian-Badenian-Sarmatian) the subsidence was mostly the result of the crustal extension. They were fast and occurred within the strictly fault-defined areas. The second phase (Pannonian-Pliocene-Quaternary) is characterized with the slower subsidence induced by the lowering of the thermal anomalies.

Disregarding the fact that the territory of Serbia comprises mostly peripheral southern and south-eastern parts of the Pannonian basin, the lithospheric extension and "post-tectonic" thermal activity became fully expressed within these areas (Marović et al., 1996). This activity is even specified by the location of the parts of this region within the nearby compressional surroundings between the Dinarides and Carpatho-Balkanides (Velika Morava trench).

The Vojvodinian part of the Pannonian basin*, the southern and south-eastern peri-basinal region including the trench of the Velika Morava and its broader surroundings, (broad Dinaric belt in the West and almost complete Serbian Carpatho-Balkanides

*Structures of the Karpatian-Lower Badenian extension within the Vojvodinian part of the Pannonian basin and its closer southern surrounding are not available for direct research, because they are overlapped by younger sediments. The same applies to the structures of the Badenian-Sarmatian extension.

in the East), were subjected to the Karpatian extension. This is indicated by a large number of lacustrine basins on the territory of Serbia, which are located south of the Sava and the Danube and between the Drina and the Timok rivers, covering a large funnel-like area. Geophysically obtained data and data from the boreholes suggest the presence of similar creations in the Vojvodinian part of the Pannonian basin as well. Those are, in the paleogeographic sense, the areas which mostly represented the systems of, more or less connected lakes (there are some elements in northern parts which indicate marine environment as well) during the Karpatian and Lower Badenian.

The Middle Miocene

According to the majority of interpretators of the Neogene evolution of the Pannonian basin, the stretching of the Pannonian basement that started in the Karpatian, reached its paroxysm in the Badenian (particularly) and Sarmatian. Shortening in the Outer Carpathians and successive lateral migration of the overthrust systems from the North to the East are compensated with the general stretching in the intra-Carpathian region (Royden, 1988). The axis of the maximal stress (σ_1) is vertical, and of the minimal stress (σ_3) is horizontal and oriented E-W (Peresson & Decker, 1996).

Such an activity affected also the Serbian part of the Pannonian basin and southern parts of its peri-Pannonian surrounding. In such way, there occurred a further intensifying of the tensional, and partly transtensional, processes (Bačka-Banat faulting zone with the elements of right-lateral shearing, Marović et al., 1996), normal faulting, and subsidence. The result was a marine ingression from the Pannonian aquatorium towards the region south of the Sava and the Danube rivers, into the area of the Velika Morava trench, between the continental areas of the Dinarides and Carpatho-Balkanides. That ingression took place in the Middle Badenian and in the Serbian part of the Pannonian basin and its closer peri-Pannonian surrounding even in the Karpatian and Lower Badenian.

Extensional processes did not affect all those terrains south of the Sava and the Danube within which the former Karpatian-Lower Badenian basins were located. As the region was located within a distinctly compressive surrounding, the extensional processes being of a lower intensity as going away from the Pannonian basin, a great number of these basinal structures east and west of the Velika Morava trench was inverted, at the beginning of the Middle Badenian, and incorporated into the uplifted morphostructural wholes of the Dinarides and Carpatho-Balkanides, whose hypsometric disposition became more and more distinct.

Some of the Karpatian-Lower Badenian basins within the Velika Morava trench, above all those in its southern part (Toplica, Niš and Leskovac basins) were inverted. However, upliftings that occurred were of a much lower intensity than those in the basins within the Dinarides and Carpatho-Balkanides, east and west of the Velika Morava trench. Such trend of the activities will remain characteristic of the further inversions within the Pannonian and peri-Pannonian region which was subjected to strong extensional processes, thinning of the crust and subsidence, until the Recent time.

At the end of the Lower Sarmatian, the inversion of the Neogene depositional area is intensified, which is followed by the northward regression of the Pannonian sea. Ex-

tensional processes gradually decrease; the compressive stress and isostatic upliftings of the parts of the Dinarides, Carpatho-Balkanides and Serbo-Macedonian massif become dominant. The hypsometric denivelation between the uplifted morphostructures of the Dinarides, Carpatho-Balkanides and Serbo-Macedonian massif on one hand, and the Pannonian basin and its peri-basin surrounding, including the whole Velika Morava trench, on the other hand, becomes more distinct.

Parallel to the Middle Miocene subsidential activity within the region of the Pannonian basin, a new process started within the terrains in the South of Serbia, reaching its full expression in the Pliocene. It is a relatively wide transversal zone, stretching within the area Skadar-Peć-Vranje, in which there are several basin structures located between highly uplifted morphostructures of the Dinarides, Hellenides and the Serbo-Macedonian massif. The geometry and kinematics of the basins within this region, as well as their evolution, are the consequences of the tectonic and geodynamic activity, which is responsible for the forming of the Hellenic island arch and the Aegean collapse. The region of the transversal mentioned above represents the north borderline of the influence of those processes that caused the Aegean collapse.

The latest data show that the Hellenic area – south of the Skadar-Peć transversal, was subjected to two-phase clockwise rotation from the Middle Miocene to the Recent times. These rotations are the result of the generation of the Hellenic island arch. The first phase of the rotation of the Hellenides took place during the Middle Miocene (Kissel & Laj, 1988). At that time, the stretching and forming of the basin structures filled with freshwater deposits (lower deposit set in the Metohija basin) occurred between the Dinarides and Hellenides (which were not subjected to a significant rotation), within the domain of Skadar-Peć transversal, as a result of such kinematics. Such movements were not recognised in other basins within the domain of Skadar-Peć transversal (Drenica, Kosovo, Vranje basins). It seems, however, that this activity was of a significantly lower intensity than the one, which will happen in the Pliocene, with the same kinematic characteristics.

The most of the Alpine orogene in and around the territory of Serbia (except for the Pannonian basin and its closer peri-Pannonian surrounding) was subjected to general upliftings. These upliftings were the result of the isostatic reaction of the regions with a relatively thick Earth's crust. However, beside the general upliftings, smaller impulse block upliftings, caused by the compressive stress, were probably also present.

In Moesian and peri-Moesian region (NE Serbia – Negotinska Krajina), during the Middle Badenian, subsidence that enabled the penetration of the seawater into the parts of the Carpatho-Balkanides (Zaječar basin, Slatina) are intensified. In Sarmatian, however, owing to the stronger upliftings within the region of the Carpatho-Balkanides, a part of these sedimentary areas was inverted, and subsidence continued only in the area of the Dacian basin.

The Upper Miocene

In the Upper Miocene (the Sarmatian-Pannonian-Pontian), the extensional processes become very weak and almost cease in the Pannonian region, and this region becomes

subjected to slow subsidence caused by the lowering of thermal anomalies and cooling of the lithosphere, all the way up to the Quaternary, with at least two compressional episodes of uncertain origin (Csontos, 1995). The subsidence was even intensified in certain areas (the Pannonian basin, Šabac Posavina, Kolubara–Tamnava, Belgrade–Šumadija ridge).

Collisional processes between fragments of the eastern and southern Carpathians and Euro–Russian (Moesian) platform also become weaker and gradually cease. The axe of the maximal stress (σ_1) within the Carpathians–Pannonian basin system is horizontal, striking E–W, and the axe of the minimal stress (σ_3) is vertical.

The upliftings continue in the rest of the orogene, and the inversion of the Middle–Upper Miocene basin areas occurs in the peri–Pannonian region. The intensity of the upliftings was versatile and proportional to the thickness of the crust within these terrains. The axial parts of the Dinarides, Carpatho–Balkanides and southern parts of the Serbo–Macedonian massif were subjected to significantly stronger upliftings than the peri–Pannonian region, including the Velika Morava trench.

In the South of Serbia, in the region of Skadar–Pec–Vranje transversal, during the Upper Miocene, as a result of the weakening and ceasing of the rotation within the domain of the Hellenic arch, and of the corresponding extension, subsidential processes have stopped and this region was also subjected to upliftings.

The Pliocene–Quaternary

During the Pliocene and Quaternary, "post–tectonic thermal" subsidence continued in the Pannonian region, but with a permanent weakening tendency. The axe of the maximal compression in the Carpatho–Pannonian region is horizontal and oriented N–S (in the Pliocene) to NE–SW (in the Quaternary).

In the region of NE Serbia (Dacian basin) subsidence continues in the Pliocene and Quaternary but with a weakening tendency. However, the westernmost parts of the Dacian basin, "juxtaposed" to the uplifted Carpatho–Balkan morphostructural row, were inverted at the beginning of the Pliocene.

In the domain of Skadar–Pec–Vranje transversal in the Pliocene, the subsidence becomes intensified, and the Metohija, Kosovo, Vranje and some other smaller basins within this corridor are finally shaped. Such an activity is genetically related to the second phase of the clockwise rotation of the Hellenides, south of the transversal; to the generation of the western part of the Hellenic arch and to the corresponding strong gravitational collapse of the Aegean and peri–Aegean region.

The geodynamic processes in the Aegean–Hellenic region are responsible also for a relatively weaker NW–SE stretching within the domain of the Skadar–Pec–Vranje transversal, followed by a differential subsidence of blocks (basins: Metohija, Kosovo, Vranje and others). This stretching is a consequence of versatile horizontal mobility: the Dinarides on one side (relatively stable and without rotation) and the Hellenides on the other (subjected to clockwise rotation) (Marović & Djoković, 1995). These processes became less dominant in the Quaternary, but definitely present. The testimony of this is the contemporary subsidence of blocks in the southern parts of the Leskovac basin, Vranje basin and the area of Vitina, and the seismic activity of the Skadar–Pec–Vranje corridor.

The greatest part of the Serbian territory was subjected to general upliftings, as well as the upliftings of separate blocks during the Pliocene and Quaternary. These upliftings were similar to those from the previous phase of the neotectonic shapings: genetically, by their intensity, and by the areas they affected.

In the Recent time, weak upliftings are present in almost all of the Pannonian region (except Fruška Gora and the eastern rim of the Pannonian basin), then, in the northern part of the Velika Morava trench (the lower flow of the Morava river), in the Dacian basin and on several previously mentioned locations in the domain of the Skadar-Pec-Vranje transversal.

Trajectories of the contemporary compressive stress for the Serbian territory are horizontal and, generally speaking, oriented NE-SW (stress as a consequence of the collisional relations of the Adriatic plate and the Dinaric orogene) with a sinusoidal eastward bending in the territory of SW Serbia, Stara Raška, Golija and Kopaonik. The bending of the trajectories of the compressive stress is the result of the tectonic transport of the blocks in this area, along the system of conjugated faults striking NE-SW (dextral strike-slip) and E-W (sinistral strike-slip), towards the area subjected to Plio-Quaternary and Recent stretching, i.e. tension (the Skadar-Pec-Vranje transversal). Such an activity has been proved by numerous earthquakes in the area of Zlatar, Pešter plateau, Golija, Radočelo, Čemernik, Kopaonik etc.

In the rest of the Serbian territory, contemporary stress is mostly released by impulse movements in the bordering zones of the areas with various crust thickness and neostructural fabric (Dinaro-Carpathian and Pannonian-peri-Pannonian; Moesian-peri-Moesian and Carpathian).

*
* *

The neotectonic activity in the terrains of Serbia has changed the older geostructural relations to a great extent and has given qualitatively new contents. The most conspicuous place in the neostructural fabric belongs to the structures which have originated by the vertical mobility of the Earth's crust: by the gravitational collapse of the Alpine orogene (the Pannonian basin, peri-Pannonian basin surroundings and peri-Aegean region) and the general and block upliftings of the folded areas (the mountain systems of the Dinarides, Carpatho-Balkanides and Serbo-Macedonian massif). The former structures are mostly the consequence of the extensional processes and thinning of the Earth's crust, and also of the thermal and isostatic activity. The latter (originated by the general and blok upliftings) are genetically related to isostatic reactions of the thickened crust and the compressive stress caused by the collisional relations of the Adriatic plate and the Dinaro-Hellenic orogene. We should certainly add the horizontal tectonic transport and the rotation of the Hellenides towards SW and W. The interaction of the above mentioned mechanisms influenced the morphology and kinematics of the neotectonic structures and the complexity of the neotectonic fabric in general.

Translated by N. Gerzina

ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

- Анђелковић М. (=Andjelković), 1982: Геологија Србије – Тектоника, поглавље Неотектоника (507–561), Београд.
- Arsovski M. (editor), 1974: Neotectonic map of Yugoslavia.– Proceed. of the Sem. of the Seismotect. Map. of the Balk. reg. App. Maps, 44, UNESCO, Skopje.
- Csontos L., 1995: Tertiary tectonic evolution of the intra-Carpathian area: a review.– Acta Vulcanol. 7, 2, 1–13, Pisa-Roma.
- Ђирић Б. (=Ćirić), 1968: Неотектонска карта СФР Југославије 1:1 500 000.– Изд. СГЗ, Београд.
- Kissel C. & Laj C., 1988: The Tertiary geodynamical evolution of northwestern Greece: paleomagnetic reconstruction.– Tectonoph., 146, 183–201, Elsevier, Amsterdam.
- Комарићки С., Станић Н., Марковић М. и Павловић Р. (=Komarnicki et al.), 1997: Геолошки атлас Србије, Неотектонска карта 1:2 000 000.– Мин. за руд. и енерг. Србије и Геоинс., Београд.
- Маровић М. и Ђоковић И. (=Marović & Djoković), 1995: Неотектонска активност ширег подручја "трансверзале Скадар–Пећ".– Геол. ан. Балк. полуос., 59/2, 23–43, Београд.
- Маровић М. и Ђоковић И. (=Marović & Djoković), 1997: Неотектонска карта 1:2 000 000. ЕСНА (у штампи).
- Маровић М., Ђоковић И. и Милићевић В. (=Marović et al.), 1996: Геометрија и кинематика структура неоалпске литосферне екстензије у војвођанском делу Панонског басена.– Геол. ан. Балк. полуос. 60/2, 79–97, Београд.
- Peresson H. & Decker K., 1996: From extension to compression: Late Miocene stress inversion in the Alpine-Carpathian-Pannonian transition area.– Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Oster. 41, 75–86, Wien.
- Royden L., 1988: Late Cenozoic Tectonics of the Pannonian Basin System, the Pann. Bas., A study in basin Evolutions.– AAPG Mem. 45, As. of Petr. Geol. and Hung. Geol. Soc. 27–48, Massachusetts.
- Сикошек Б. (=Sikošek), 1976: Неотектоника. Геологија Србије – Тектоника ед. Анђелковић М., 392–397, Београд.