

Prof. D. Sc. Miroslav Marković*

Зборник радова књ. 52
Географски институт "Јован Цвијић" САНУ
Collection of Papers № 52
Geographical Institute "Jovan Cvijic" SASA**ЈОВАН ЦВИЈИЋ: ПРЕТЕЧА ГЕОТЕКТЕНИКЕ****JOVAN CVIJIC: FOREFATHER OF NEOTECTONICS**

Неотектонска активност као суштински фактор геоморфолошке еволуције представља данас опште прихваћену чињеницу. Генерално се сматра да су неотектонска проучавања започели руски научници бившег СССР-а током прве половине двадесетог века. Скоро педесет година пре дефиниције и развоја неотектоније Јован Цвијић, научник светског угледа, обављао је детаљна опажања најмлађе тектонске активности и њима објашњавао еволуцију и својства савременог рељефа. Скоро све Цвијићеве геолошке и морфолошке студије обухватају и неотектонска цитраживања. Примери таквих радова, изабрани из његових глациолошких проучавања, илуструју Цвијићева разматрања неотектонске активности на простору Балканског полуострва. Јован Цвијић се са правом може сматрати претечом савремене научне дисциплине назване неотектоника.

Neotectonic activity as crucial factor of geomorphological evolution represents nowadays widely recognized fact. It is generally believed and accepted that the study of neotectonics began during first half of the 20th century by Russian scientists in the former Soviet Union. Almost fifty years before the definition and development of neotectonics Jovan Cvijic, a highly distinguished scientific researcher, was making very detailed observations of the youngest tectonic activity in the Balkans. He used these observations to analyse and explain the evolution and characteristics of the contemporaneous topography. Nearly all of Cvijic's geological and morphological studies include detailed neotectonic investigations. Selected examples from Cvijic's glacial studies of the youngest tectonic activity throughout the Balkans are presented to illustrate the detailed nature of his observations and analyses. These examples clearly show that Jovan Cvijic is the true forefather of neotectonics.

Увод

Поставка да је рељеф резултат узајамног, антагонистичког дејства ендогених и егзогених сила на стенску масу одређене геолошке грађе, у одређеном периоду времена, представља опште прихваћену чињеницу. Значајно, често и најважније место међу ендогеним силама имају, свакако, тектонски покрети. Реч је о младим, геолошки савременим покретима, активним у

INTRODUCTION

Topographic relief is the end result of mutual, antagonistic actions of endogenetic and exogenetic forces on rock masses of different geological composition. Endogenetic activity, especially young tectonic movements, is generally responsible for the major topographic features. These movements are usually contemporaneous with the formation and evolution of the topography. Exogenetic

* Braće Grim 8, 11000 Beograd.

току настанка и развоја рељефа. Најкрупније форме рељефа, даље обликоване егзогеним процесима, настају дејством ендогених сила. Егзогени процеси се јављају као тежња да се пониште ефекти дејства ендогених сила. Развој егзогених процеса, њихов интензитет и смена у времену и простору, условљени су и контролисани најмлађом тектонском активношћу. Ове добро познате чињенице наводе се као аксиоми у бројним уџбеницима геологије и геоморфологије. Истраживању најмлађих тектонских покрета, међутим, тек у последње време посвећује се потребна пажња.

Током друге половине двадесетог века као посебна научна грана развија се проучавање најмлађе тектонске активности назване неотектоника. Неотектонска истраживања интензивирају се последњих деценија. Развија се посебна методологија изучавања, заснована на поступцима квалитативне и квантитативне геоморфолошке анализе. Успех истраживања омогућују прецизне топографске основе, развој метода даљинске детекције, посебно стереоскопска анализа аероснимача и проучавања сателитских снимача, развој геофизичких метода, резултати дубоких бушења и конструкција структурних карата, подаци поновљених нивелманских мерења високе тачности, итд. На основу бројних података прикупљених о ефектима неотектонске активности израђују се неотектонске карте различитих размера и садржаја.

Знатно пре дефинисања и развоја неотектонике као дисциплине Јован Цвијић, непоновљиви истраживач импресивне проицљивости и детаљности, уочавао је ефекте најмлађе тектонске активности и њима објашњавао еволуцију и својства савременог рељефа. Имао је на располагању само оскудне податке и непрецизне топографске основе. Ипак, неотектонска истраживања Јована Цвијића јављају се у свим његовим морфолошким и геолошким изучавањима. Примери таквих радова, изабрани из његових глациолошких проу-

forces, principally the most recent tectonic activity, generally tend to modify and negate the effects of the endogenetic processes. Today these well-known facts are widely quoted as axioms in textbooks on geology and geomorphology. *Neotectonics*, as the study of the period of youngest tectonic activity is known, is a relatively new science.

It is widely believed and accepted that the study of neotectonics began during middle of the 20th century by Russian scientists in the former Soviet Union. Such studies have intensified worldwide during the last few decades to include methodologies based upon qualitative and quantitative geomorphological analyses. Today these methods make full use of precise topographic maps, high precision levelling, remote sensing data (both aerial photographs and satellite images), geophysical survey data and drilling results to produce detailed structural maps of the youngest tectonic activity. Many such investigations have resulted in the production of numerous neotectonic maps at a wide range of scales for many regions of the world. What is not generally known is that over half a century before the definition and development of neotectonics Jovan Cvijic, a highly distinguished scientific researcher, was making very detailed observations of the youngest tectonic activity in the Balkans. Furthermore, he used these observations to analyse and explain the evolution and characteristics of the contemporaneous topography. Nearly all of Cvijic's geological and morphological studies include detailed neotectonic investigations.

Selected examples of Cvijic's studies of the youngest tectonic activity throughout the Balkans are presented to illustrate the detailed nature of his observations and analyses. These examples clearly show that Jovan Cvijic is the true forefather of neotectonics.

чавања, илуструју Цвијићева разматрања неотектонске активности на простору Балканског полуострва.

Развој и савремена схватања неотектонике

Неотектоника, наука о најмлађој тектонској активности, броји тек нешто више од 65 година. Термине "неотектоника" и "најмлађа тектоника" ("новейшая тектоника") увео је Шулиц (Шулиц, С.С.) 1937.год. По његовој дефиницији "... под најмлађом тектоником ... подразумевамо оне тектонске процесе који су у основним цртама формирали ... савремени рељеф". Неотектоника је дефинисана као одређени временски интервал у коме се јављају најмлађи тектонски покрети, тј. као најмлађа етапа у формирању рељефа.

Обручев (Обручев, В.А.) 1948 год. пише "Предлажем да се најмлађим тектонским називају оне структуре Земљине коре које су настале током најмлађих покрета, крајем терцијара и током прве половине квартара". Термин неотектоника по њему обухвата временски период у коме је формиран рељеф.

Герасимов (Герасимов, И.П.), 1960. год. даје дефиницију "Неотектоника - то је савремени рељеф Земљине површине који у основним цртама одговара геолошким структурама, или структурним формама насталим младим тектонским покретима".

Николајев (Николаев, Н.И.) 1962. предлаже да "... неотектоником сматрамо науку о различитим тектонским процесима који су условили стварање структура насталих у неогеном или антропогеном периоду, и који су условили основне црте савременог рељефа Земљине коре". Николајев (1977) истиче "Под најмлађом тектоником, или неотектоником (то су синонимима) подразумевамо структуре Земљине коре условљене појавом тектонских процеса у време њихове активизације (неотектонска етапа), које одговара, како је сада утврђено, олигоцен-квартарном пе-

Historical Development of Recent Concepts in Neotectonics

Neotectonics, the science dealing with the youngest tectonic activity, is hardly more than 65 years old. Schultz (1937) introduced the terms "neotectonics" and "the youngest tectonics" in his studies in Tyan Shan. His publication (in Russian) stated: "... under the youngest tectonics ... we understand those tectonic processes which have formed the general features ... of the recent topography". Schultz defined neotectonics as the period (of time) during which the youngest tectonic movements take place (i.e. the youngest epoch of relief formation).

Another researcher, Obrutchev (1948), wrote (in Russian): "I propose that structures of the Earth's crust that formed during the youngest movements, at the end of the Tertiary and during the first half of the Quaternary, be named the youngest tectonic". Thus Obrutchev's definition of the term neotectonics further defined the period of relief formation.

Gerasimov (1960), another Russian researcher, stated: "Neotectonics - it is the recent relief of the Earth's surface in which the basic features correspond to geological structures, or to structural forms produced by young tectonic movements".

Nikolaev (1962), yet another Russian researcher, further proposed that: "... by neotectonics we have to understand the science of different tectonic processes, those that formed structures during the Neogene or Anthropogene period and those that formed the basic features of the Earth's recent crustal topography". Later, Nikolaev (1977) emphasized: "By the youngest tectonics, or neotectonics (these are synonyms), we understand those structures of the Earth's crust caused by tectonic processes during their activity (neotectonic pe-

риоду".

Комисија за неотектонику INQUA (1978) даје као основу за свој рад дефиницију: "Неотектоника подразумева било који покрете Земљине коре, или деформације геодетског референтног нивоа, њихове механизме, геолошко порекло (ма колико они били стари), њихове импликације за различите практичне потребе и њихова будућа предвиђања".

Постоје и схватања да се под неотектонском активношћу подразумевају само тектонски покрети током квартера, или чак само током холоцена. Јављају се и тенденције да се као посебни појмови издвоје "неотектонска активност" (активност од мио-плиоцена до антропогена) и рецентна тектонска активност (активност током антропогена).

Из прегледа развоја и схватања неотектонике, датог у најкраћим цртама, излази да се под неотектоником најчешће подразумева тектонска активност од формирања регионалних карактеристика савременог рељефа до данас. То значи, бар што се тиче Европе, да неотектонски период обухвата време од смирења последњих фаза алпске орогенезе. Доња граница овог периода варира од локалности до локалности. Најчешће пада у време олигомиоцена до мио-плиоцена. Горња граница је данашњица. Издвајање "неотектонике" и "савремене тектонике" нема много оправдања.

Неотектонска комисија INQUA (1978) такође прецизира: "Неотектоника стога нема стварну доњу временску границу. Она укључује покрете свих временских скала, од савремених (сеизмика), 10-100 (геодезија), 100-10.000 (проучавања холоцена), 10.000-1.000.000 (проучавања плеистоцена, итд.), све до 10.000.000 година, ако је то потребно да омогући схватање порекла регистрованих покрета".

riod) that correspond, as now determined, to the Oligocene-Quaternary period".

The Neotectonic Commission INQUA (1978), as the basis for its work, declared: "Neotectonics is defined as any Earth movement or deformation of the geodetic reference level, their mechanism, their geological origin (however old they may be), their implication for various practical purposes and their future extrapolations".

In the literature there are suggestions that neotectonic activity should be restricted to tectonic movements during only the Quaternary, or even only the Holocene. There are also suggestions that the terms "neotectonic activity" (activity from the Mio-Pliocene to Anthropogene) and "recent tectonic activity" (during the Anthropogene) should be used.

From this brief review it can be seen that by common usage the term neotectonics now generally refers to any recent tectonic activity (up to the present time) responsible for the formation of regional topographic features.

In Europe the neotectonic period starts with the final phases of the Alpine orogeny. Its lower boundary varies, depending on locality, but usually lies between the Oligocene-Miocene to Miocene-Pliocene periods. The upper boundary of the neotectonic period is the present day. Thus the separation of "neotectonic activity" from "recent tectonic activity" is meaningless.

The Neotectonic Commission INQUA (1978) emphasized: "Therefore, neotectonics has no real boundary back in time. It includes all time-scale movements, from instantaneous (seismic), 10-100 years (geodetic), 100-10,000 years (Holocene studies), 10,000-1,000,000 years (Pleistocene studies, etc., to approximately 10,000,000 years, if it is necessary to enable us to understand the origin of recorded movements".

Неотектонска опажања Јована Цвијића

Када је 1895. године Јован Цвијић започео прва морфолошка проматрања планине Риле у Бугарској имао је 30 година, докторат наука у Бечу, звање редовног професора Велике Школе у Београду, богато теренско искуство у геоморфолошким, геолошким и географским истраживањима и веома висок углед у европским научним круговима.

Испитивања и реконструкција лацијалних облика на Балкану остаће предмет његовог интересовања до краја живота. Она ће, поред краса, обезбедити Јовану Цвијићу место међу великанима европске и светске науке, место које са правом држи данас и које, без сумње, никада нико не може довести у питање.

Веома велики значај Јован Цвијић је са правом давао најмлађим тектонским покретима, активним факторима у настанку основних црта данашњег рељефа, који су непосредно утицали на његову еволуцију. Геолошки посматрано то је, бар за наше терене, период од олигомиоцена, евентуално од миоплиоцена до данас. Ову, најмлађу тектонску активност Шулице 1937. године, десет година после Цвијићеве смрти, дефинисати као појам неотектонике. Доцнији ауторитети на пољу неотектонике, Обручев (1948), Герасимов (1960), а посебно Николајев (1962), третираће неотектонску активност као пресудну за геоморфолошку еволуцију терена. Цвијић се, свакако, може сматрати пиониром неотектонских проучавања, посебно на пољу утицаја неотектонике на геоморфолошке карактеристике терена.

Бројни су примери Цвијићевих запажања и тумачења значаја неотектонских покрета у формирању и специфичностима рељефа појединих терена. Проучавајући планину Рилу у Бугарској Цвијић (1897, стр.59) констатује: "Долине на северним странама Риле су јаче нагнуте и реке су већег пада но оне на јужним странама. Прве слазе одмах у дубоке котлине: само-

Cvijic's Neotectonic Investigations

Jovan Cvijic recorded his first morphological observations at Mount Rila in Bulgaria in 1895, when he was thirty years old, a Doctor of Science from the University of Vienna, and a full-time professor at Belgrade High School. At that time he already had extensive field experience in geomorphological, geological and geographical investigations and was highly respected for his work within the European scientific community.

His main fields of scientific interest, which remained with him for the rest of his life, were the investigation and reconstruction of the glacial forms of the Balkans, together with areas of karst topography. His early and valuable contributions to these fields have ensured him a place among the great men of European science.

Cvijic was paying special attention to the youngest tectonic movements and their direct role in the formation of recent relief. In the Balkans this activity occurred from Oligo-Miocene, or in some cases from Mio-Pliocene, up to present days. Ten years after Cvijic's death the term neotectonics was introduced by Schultz (1937) to refer to these "youngest tectonic movements". Subsequently the well-recognized authors in neotectonics, Obrutchev (1948), Gerasimov (1960), and especially Nikolaev (1962,1977), treated neotectonic activity as a crucial element in the geomorphological evolution of an area. For his early pioneering work in this field, however, it is Cvijic who must be considered the true forefather of neotectonic studies, particularly for recognising the influence of the youngest tectonic activity on the morphology of a terrain.

To illustrate the importance of Cvijic's contribution to neotectonics a number of examples of his detailed observations, analyses and reconstructions within the Balkans have been selected from his numerous studies. Studying the Rila Mountain in Bulgaria Cvijic (1897, p.59) observed that: "*Valleys on the northern slopes of Mount Rila*

ковску, дупничку и бањску ... Рила нема на северним странама подгорине, већ се ломи у овим котлинама, које су због тога испуњене крупним речним наносом. Већи нагиб долина на северним странама Риле без сумње је у вези са постанком, спуштањем поменутих котлина". У свега неколико реченица садржан је резиме прецизне и свеобухватне квалитативне геоморфолошке анализе морфогенезе Риле. Задивљује чињеница да је анализа начињена само непосредним осматрањем, без икаквих подлога и документације.

Слична запажања Цвијић (1899) обавља и на планинама Босне и Херцеговине и Црне Горе. Уочава да је "... услед спуштања приморског јадранског земљишта Неретва ... добијала већи пад и јачу механичку снагу" (стр. 76). Приказујући у истом делу главне карактеристике динарског система прецизно је дефинисао и интермитентни карактер неотектонске активности, тј. реактивирање старијих разлома у неотектонском периоду: "Набирање динарског система извршено је између еоцена и неогена и у том су времену биле готове главне црте у пластици Босне и Херцеговине. Али су се тектонски процеси настављали и у неогену, неогени лапори су поремећени ... поуздано је да ти потоњи, ослабели покрети нису једнаком јачином захватили цело земљиште, већ су се сконцентрисали и ... изразили само на одређеним линијама, поглавито старијим раседима. Дуж тих се линија покрети и данас дешавају, што доказују чести и јаки трусови" (стр. 169).

У регионалним геоморфолошким проучавањима Цвијић је полазио од интеракције ендогених и егзогених сила. То је очигледно и код орографског испитивања планина Балканског полуострва. Приступ да се регионална орографија објашњава положајем најкрупнијих тектонских структура остао је основ и савремене морфоструктурне анализе терена, коју ће Герасимов дефинисати тек 1946. године.

Бројни су примери оваквог Цвијићевог разматрања. Приликом опажања на

are steeper and the rivers have higher gradients than those on the southern slopes. On the northern slopes the upper Samokov, Dupka and Banja valleys descend steeply into deep basins ... Mount Rila has no gentle foot on its northern side. The slopes break abruptly in the basins, which are filled with coarse-grained fluvial deposits. The steeper inclination of the valleys on the northern slopes of Mount Rila is, no doubt, connected with the formation and subsidence of the afore-mentioned basins".

These few sentences eloquently summarise Cvijic's very precise and all-encompassing qualitative analysis of the geomorphology of Mount Rila. This analytical work is particularly admirable when it is realised that he did not have the benefit of a topographic base map or other data. He relied solely on direct observation.

Cvijic (1899) made similar observations in the rugged mountains of Bosnia, Herzegovina and Monte Negro. Two examples will suffice to illustrate his impressive observational, analytical and interpretive skills: "... because of coastal subsidence within the Adriatic Basin the River Neretva has a steeper gradient and greater mechanical strength" (p.76). In relation to the main characteristics of the Dinaric Mountains, he precisely defined the intermittent nature of neotectonic activity (i.e. the re-activation of older fissures during the neotectonic period): "Folding of the Dinaric system took place between the Eocene and Neogene, and that is the time when the main topographic features of Bosnia and Herzegovina were formed. However, tectonic processes continued through the Neogene, as evidenced by disturbance of the Neogene marls ... it is certain that the later weak movements were not of uniform strength throughout the area, but were concentrated along specific lines, generally on older faults. Movements have continued along these same lines even to this day, as evidenced by frequent and strong earthquakes" (p.169).

Cvijic's (1899) geomorphological study of the Volujak and Bioc Mountains is typical

планинама Волујку и Биочу (1899, стр.111) закључује: "Општи облик и пружање волујачко-биочке масе у вези је дакле са тектоником; детаљни облици њених највиших партија створени су интензивном ерозијом у висинама, поглавито снежном ерозијом". Лако се у овом приказу препознају појмови морфоструктуре ("волујачко-биочка маса") и морфоскулптуре ("детаљни облици њених највиших партија"), о којима Герасимов пише скоро пола века касније.

Универзални утицај неотектонике на рељеф присутан је у свим Цвијићевим геоморфолошким проучавањима. Истражујући планину Прењ код Мостара (1899, стр. 52) наводи: "На западу од Прења је пространа, много нижа висораван Глогово, које се дуж раседа спустило и одвојило од главне масе Прења".

Приликом истраживања нишке котлине и долине реке Нишаве Цвијић (1903) експлицитно наводи: "Даље су врло млади неогени, можда плиоценски слојеви поред северног обода поремећени, обично за 20° нагнути, а дуж јужнога су или хоризонтални или једва приметно поремећени. ... Поменути млади тектонски поремећаји и терме, старе и данашње, знаци су врло младих тектонских процеса, који су трајали и у дилuviјуму¹, а вероватно се и сада настављају. Као да је главни смисао тих покрета спуштање дна нишке котлине, јер су испод нишавског шљунка приликом бушења неогени слојеви нађени увек у великим дубинама" (стр. 272). Нешто даље (стр. 279) јавља се констатација: "Али су на таложење великих количина шљунка у нишавским котлинама могли бити од утицаја и млади тектонски процеси, који су се, готово несумњиво, и у дилuviјуму настављали; на те процесе указују: старије и данашње терме нишке и пиротске котлине, поремећени плиоценски слојеви, неогени слојеви, који су по дну нишке котлине у знатној дубини и под речним шљунком ...".

Тешко да би савремена неотектонска опажања, поред далеко квалитетнијих

of many such regional studies that he undertook throughout the Balkans during his career. In all these investigations he carefully observed and analysed the interaction of endogenetic and exogenetic forces. His approach, to explain regional orthography by the position of the largest tectonic structures, is the basis of modern morphostructural analysis that Gerasimov was not to define until 1946.

Concluding his investigations of the Volujak and Bioc Mountains, Cvijic (1899, p.111) stated: *"The general form and strike of the Volujak-Bioc massif are related to tectonics; the detailed topographic forms of its highest parts were formed by intensive erosion, generally by snow erosion"*. In this summary it is easy to recognise Cvijic's ideas of morphostructure (*"the Volujak-Bioc massif"*) and morphosculpture (*"detailed topographic forms"*), which Gerasimov (1946) introduced into the world literature almost half a century later.

The universal influence of neotectonics on topographic relief can be found in all of Cvijic's geomorphological studies. This is well illustrated by the example of Mount Prenj, near Mostar, where Cvijic (1899, p.52) observed: *"Westward from Mount Prenj is the vast Glogovo Plateau, situated at a considerably lower elevation due to subsidence along the fault which separates it from the Mount Prenj massif"*.

A further explicit example of the influence of neotectonics on topographic relief is given in Cvijic's (1903) study of the Nisava Valley and Nis Basin: *"Further on there are very young Neogene, perhaps Pliocene, layers disturbed along the northern edge, generally tilted 20°, whereas those along the southern edge are horizontal or hardly disturbed ... These young tectonic disturbances and hot spring occurrences, both old and recent ones, are signs of very young tectonic processes, which are also in present in Diluvium¹ and are probably continuing today. The main sense of these movements seems to be subsidence of the Nis Basin because boreholes below the Nisava river gravels in-*

основа и потпунијих података, била прецизније документована и представљена од ових неколико садржајних Цвијићевих реченица.

Неотектонску активност као основни контролни фактор еволуције Еордејског језера у Грчкој Цвијић (1910) документовано образлаже: "Еордејска котлина је тектонска потолина, по свој прилици врло младог постанка ... у њој нема старијих слојева од дилувијалних и можда горњо-плиоценских. Оивичена је поглавито раседима. Ивице котлине меридијанског правца пресецају и кристаласте и кретацејске слојеве, нигде нису њима паралелне. То се нарочито види западним ободом Островског језера. Овај обод, скоро меридијанског правца, пресеца слојеве хипуричког кречњака, који се пружају С.С.З-Ј.Ј.И. Даље је он праволинијски. Диже се из језера врло стрмо, скоро вертикално за 200-300 м. висине, и под њиме су највеће дубине језера ... Особито је важно што се долинице, којима је овај одсек местимице пробијен, не продужују до језера, већ остају високо над језером и ту се виде њихове плавине. По облику и поменутих другим појавама, јасно је да је овај расед врло млад, можда и данас активан" (стр. 5-6).

"Еордејска котлина ... вероватно да се формирала тек при крају неогена. Али је у њој и у дилувијуму било тектонских покрета, који су се можда и доцније осећали" (стр. 60). "На источној страни ... поремећени су дилувијални слојеви, и то за 20-25° према Западу нагнути" ... "Облик покрета би се могао обележити као изеравање. Као кад би смо длан хоризонтално држали, па га под углом од 20-25° нагнули у једном правцу, тако се изгледа нагнуло или изерило дно еордејске котлине у правцу са И. на З."(стр.61).

"Дилувијални покрети су се збивали дакле дуж неогених раседа, који су и доцније били активни ... Тектонски покрети горњег смисла су се вероватно и у постдилувијуму настављали"(стр.62).

Током својих даљих плодних гео-

tersected strongly compacted Neogene layers, always very deeply located" (p.272). Later in the same article Cvijic (1903, p.279) reported: *"But the deposition of large amounts of gravel could be influenced by the young tectonic processes which, without doubt, continued in Diluvium; these processes are indicated by older and recent hot spring occurrences in the Nis and Pirot Basins, disturbed Pliocene layers at the base of the Nis Basin which are strongly compacted, deeply situated and overlain by river gravel"*.

Modern neotectonic studies can hardly be more precise and better documented than these early observations and analyses of Cvijic, written almost a hundred years ago, in spite of the much better topographic and qualitative data available to present-day scientists.

Cvijic (1910) identified and documented neotectonic activity as the basic factor controlling the evolution of the Lake Eordeal (Greece), as follows: *"The Eordeal Basin is a tectonic depression, most probably of very young genesis ... there are no layers in it older than Diluvium, or possibly Upper Pliocene. It is generally bordered by faults. The basin margins, oriented meridionally, intersect older crystalline and Cretaceous beds at discordant angles. This is particularly obvious along the western edge of Lake Ostrovo, where the almost N-S striking margin abuts against beds of limestone which strike NNW-SSE. Further on the margin is a straight line. It rises very steeply, almost vertically for 200-300 metres above the lake, at a point where the lake reaches its greatest depth ... Especially important is the fact that small valleys, which locally cut the cliff face, do not continue to the lake but terminate high above it in alluvial fans. According to the form and other mentioned phenomena, it is clear that this fault is very young, perhaps active even today"* (pp.5-6).

Later in the same publication Cvijic (1910, pp.60-61) commented: *"The Eordeal Basin ... probably was formed at the end of the Neogene. But it also suffered later tectonic movements during the Diluvium ... On*

морфолошких истраживања Јован Цвијић све више пажње посвећује неотектонској активности. Његова запажања су све потпунија и обимнија, задржавајући при том непревазиђену логику и јасноћу закључивања. При проучавању до тада научно непознатих Проклетија Цвијић (1913) констатује: "Стране Копривника и Паклена окренуте Метохији код Пећи представљају страто-стране, т.ј. површина страна углавном се поклапа са површином слојева. Дуж њих пролазе лонгитудинални, метохиски раседи, вероватно препонтијске старости, и дуж њих је спуштена метохиска котлина. У овој се формирало понтијско језеро, које се и доцније држало, и у њему су сталожени махом хоризонтални или благо нагнути слојеви жућкастих пескова, глина и слатководног кречњака. После таложења језерских седимената тектонски су се процеси настављали, дакле и пред глацијалном епохом, можда и за време ње и постглацијално. Осим спуштања дна метохиске котлине, изгледа да се дигла и као дом свела планинска маса западно од Метохије, а при том је спуштен ивични део те масе, око Пећи. Судећи по баничкој зјапећој пукотини, из које избијају многи топли и сумпоровити извори, и дно метохиске котлине је испросецано раседима" (стр.197).

Актуелан научни приступ, свестрано сагледавање узрока и последица, била су основна карактеристика изучавања Јована Цвијића. Повезивањем геоморфолошких са геолошким процесима, уважавањем геолошке грађе при анализи рељефа, обезбедио је високи научни ниво и вредност резултата својих истраживања, која неће ни данас бити превазиђени.

Развој глацијалног процеса у Проклетијама, и данас третиран као типични климатски процес, Цвијић условљава неотектоником: "А у овој области се глацијална снежна линија не може тачно одредити и због младих покрета којима су у неколико промењене висинске прилике. ... Главни од њих се десио пред глацијацијом и продужавао се можда за време

the eastern side ... layers of the Diluvium are disturbed, inclined 20-25° westward ... This movement can be defined as tilting. It is like holding our palm in a horizontal position, and then inclining it at 20-25° in one direction. In the same way the base of the Eordean Basin was tilted from east to west ... Movements during the Diluvium took place along Neogene faults, which were also active later on ... Tectonic movements of this sense were prolonged most probably after the Diluvium".

During his later geomorphological investigations Cvijic paid ever-increasing attention to neotectonic activity. His observations became more detailed, extensive and complete, always preserving clarity of logic in both analyses and conclusions. For example, Cvijic's (1913) investigation of the Prokletije Mountains (previously unknown scientifically) noted that: *"The sides of the Koпривnik and Paklen, inclined towards the Metohia Basin near Pec town, are structurally controlled, i.e. their topographic surfaces correspond to structural surfaces. These surfaces correspond to the longitudinal Metohia faults, probably of pre-Pontian age, along which the Metohia Basin subsided. In this basin lake of Pontian age was formed, accumulating sub-horizontal layers of yellowish sands, clays and fresh-water limestones. After the deposition of these lake sediments and before the onset of the glacial epoch, tectonic processes were initiated which continued during and even after glaciation. Besides the subsidence of the Metohia Basin, it is evident that the mountain mass to the west of Metohia was uplifted into a domal structure. The margin of this dome near Pec town subsided along an open fissure near Banica, marked by many sulphurous hot springs. The base of the Metohia Basin is also intersected by faults"* (p.197).

The development of glacial processes in the Prokletije Mountains, treated as a typical Adimatic process, Cvijic (1913) related to neotectonic activity, as evidenced by the following paragraph: *And in this area the glacial snow line can't be precisely defined because of young tectonic movements that*

гласијације и постгласијално: издизање и свођење планинских маса између метохијске котлине и Јадранскога Мора; изгледа да је при том издизању знатно спуштен источни планински обод или оквир метохијске котлине. Даље, дуж поменутих лонгитудиналних раседа спуштало се дно метохијске котлине; о томе сведочи и баничка зјапећа пукотина са многим топлим и сумпоровитим изворима. Изненађује како су свеже раседне стране источним ободом метохијске котлине, између Пећи и Дечана. Као да су те стране дуго биле затрпане језерским и моренским наносима који су их чували од ерозије; ови наноси, дакле и морене спуштају се са спуштањем дна метохијске котлине и тако се оголићавају раседне површине метохијског оквира. Таквим поремећајима су несумњиво промењене висинске прилике, нарочито на ободу метохијске котлине; до сада нисмо нашли ослоња да се израчуна износ тих поремећаја, због којих одредбе гласијалне снежне линије не могу бити тачне" (стр. 209). Наведени цитат могао би да представља и део савременог извештаја о истраживању неотектонске активности овог терена.

Као регионални закључак неотектонског склопа ширег простора Проклетија и околног терена Цвијић (1913) износи: "Поремећени су дакле у истом смислу кучка површ, прегласијалне и флувиогласијалне терасе. Центар према коме се вршило спуштање са свију страна јесу зетска потолина и Скадарско Блато" (стр.266).

Значај Цвијићевих неотектонских истраживања подвлачи и пионир ове научне дисциплине у нас и аутор прве неотектонске карте Југославије Бранислав Ђирић. Приказујући неотектонску активност београдског подручја Ђирић (1992, стр.108) наводи: "Ваља, међутим, подсетити да се неотектоником суштински и изузетно успешно бавио Цвијић (1924): "Радијални поремећаји, олигомиоценске старости и млађи, били су - дакле - од одавног значаја за постанак данашњег рељефа ...". Те и сличне сумарне и језгровите

have changed hypsometric relations ... The main movement took place before glaciation, and perhaps continued during and even after glaciation, uplifting and shaping the mountain masses between the Metohia Basin and the Adriatic Sea. It appears that during uplift the eastern mountain border, or the margin of the Metohia Basin, subsided considerably. Later, along the afore-mentioned longitudinal faults, the base of the Metohia Basin subsided, as evidenced by the open fissure near Banica and related sulphurous hot springs. The fault slickensides along the eastern border of the Metohia Basin, between Pec and Decani, are surprisingly fresh. It appears that these were covered for a long period of time by the lake deposits and moraines, which protected them from erosion. These deposits and moraines also subsided with the sinking of the base of the Metohia Basin, and thus the slickensides of the Metohia Basin borders became denuded. Such disturbances have, no doubt, changed hypsometric relations, especially at the margins of the Metohia Basin. Up to now we have not found any data to calculate the amount of these disturbances, which causes inaccuracies in the definition of the snow line" (p.209). This paragraph could easily be part of a present-day neotectonic report on the area.

Cvijic's (1913, p.266) general conclusion on the neotectonic fabric of the wider Prokletije Mountains area and surrounding terrain is as follows: "Disturbed in the same sense are the Kuch Plateau, pre-glacial and fluvioglacial terraces. The centres towards which subsidence increases from all sides are the Zeta Depression and Skadar Blato".

The importance of Cvijic's neotectonic investigations emphasizes also the pioneer of this scientific discipline in Serbia and author of Yugoslavia's first neotectonic map, Branislav Ciric. In describing neotectonic activity of the Belgrade area (1992, p.108), he pointed out: "However, it is necessary to remember that neotectonics was essentially and very successfully studied by Cvijic (1924): "The radial disturbances, of Oligocene-Miocene age and younger, were of cru-

оцене о неотектонским морфоструктурама и њиховој генези разбацане су, на жалост, по разним одељцима Цвијићевог капиталног дела".

Неопходно је узети у обзир време и услове у којима је Јован Цвијић обављао своја неотектонска истраживања. Недостатак комуникација путовања је чинио веома тешким, спорим и скопчаним са изузетним физичким напорима. Расположиве топографске основе, неопходна подлога за теренске радове, али и за синтезу података и извођење закључака, биле су непоуздане и недовољног квалитета. Подаци о геолошкој грађи били су оскудни и непоуздани, засновани углавном на успутним осматрањима терена.

Савременом истраживачу стоје на располагању путеви проходни скоро до највиших врхова бројних високих планина. За превоз користи теренско возило. Ради на ванредно прецизним фотограметријским топографским картама размере 1:25.000 са еквидистанцом од 10 метара, а за синтезе има на располагању такође квалитетне карте у размери 1:50.000, 1:100.000, 1:200.000, итд. Морфометријска анализа оваквог материјала уз помоћ компјутерске технике је питање рутине. За прикупљање нових података користе се сада незамењиви методи даљинске детекције. Стереоскопска анализа аероснимача омогућује кабинетско испитивање тродимензијалног модела рељефа у смањеној размери, обично 1:25.000 до 1:50.000. Морфолошки односи сагледавају се и изучавају паралелно са утврђивањем геолошке грађе. Регионални односи анализирају се на сателитским снимцима размера 1:1.000.000 до 1:100.000.

Геолошки односи документовани су геолошким карама размере 1:100.000 и крупније. За велике делове терена постоје геофизички подаци - терестричке и аеромагнетске, сеизмичке и сеизмолошке, гравиметријске и друге карте. Подаци истражних и експлоатационих бушења такође често стоје на располагању савременом истраживачу. За велике просторе по-

cial importance in the genesis of present-day relief " ... This and similar remarks, both general and concise, on neotectonic morphostructures and their genesis are, unfortunately, scattered in different chapters of Cvijic's capital work".

As can be seen from the above selected examples of Cvijic's pioneering investigations, his neotectonic work was characterised by a strong scientific approach, which included multi-disciplinary observations and analyses of both causes and effects. He paid particular attention to the relationships between geomorphological and geological processes, especially in relief analysis. He practised the highest level of scientific research that is rare, even today.

Cvijic's prolific neotectonic investigations were even more amazing considering the conditions and period during which he undertook his scientific work. The end of the 19th century and first quarter of the 20th century in the Balkans were characterised by a general lack of infrastructure. This made travelling and communicating very slow and difficult. It demanded patience and extraordinary physical efforts, compared to today. The topographic maps of the period, so essential for any terrain work but especially for the presentation and synthesis of data, were of low quality and reliability in Cvijic's time. Furthermore, geological data and maps were also of poor quality, especially compared to those available today. In contrast, present-day scientists and researchers have at their disposal an excellent network of roads and tracks, together with 4WD vehicles, making it possible to access all but the most rugged mountain tops with relative ease.

The modern database includes precise, accurate topographic maps (commonly at 1:25,000 scale with a contour interval of 10 metres) based upon photogrammetry. For regional neotectonic syntheses one can now utilise topographic maps of excellent quality at a range of scales, such as 1:50,000, 1:100,000, 1:200,000, etc. Morphometric analyses of such data using computer tech-

стоје и подаци поновљених нивелманских мерења високе тачности. Они се свакодневно допуњавају резултатима мерења путем сателитске геодезије. Све чешће се јављају подаци бројних претходних истраживања систематизовани у базе података и читаве информационе системе. Истраживач и скромнијих способности може из обиља података начинити солидну синтезу и веродостојно тумачење најмлађе тектонске активности.

Проблеме са којима се Цвијић суочавао најбоље илуструју цитати његових радова. Тако проучавајући Проклетије пише (1913) да представљају "... најнепознатију планинску групу у Европи, која је истина и изохипсама престављена на аустријској карти 1:200.000, али у највишој партији, од Божијевице од Кложње, нема ни једне коте. Престављање планинских облика често је фантастично, а не ретко и правци долина су погрешни ... због горњих картографских погрешака било је често са свим тешко фиксирати на карти научна проматрања, нарочито циркове на највишим врховима" (стр. 215). За исто подручје Цвијић (1913) такође наводи: "... нема добре карте. Као једина, донекле употребљива карта за ове крајеве може се сматрати карта бечког војничког Института 1:200.000, и она је ипак врло нетачна ... изхипса и шрафа нема, а терен је од Хаиле низ Ибар обележен као непозната, бела површина ..." (стр. 190).

Методи даљинске детекције развијени су знатно после Цвијићеве смрти. Могао је, стога, да примењује само најпримитивнији вид овог поступка - визуелно осматрање са планинских врхова, као нпр. са врха Дурмитора (1899): "Са Ћириове Пећине хоризонтат је на све стране врло простран, али ја сам могао јасно запазити само ове планине ..." (стр. 130), и следи детаљни опис околног терена. За регионалну квалитативну геоморфолошку анализу визуелно осматрање са врхова било је за Цвијића основни поступак. У Проклетијама 1913. год. наводи: "... испитивао сам само циркове Хаиле, а са ње

niques are now routine.

Geological data are now accurately recorded on regional geological maps, generally at a scale of 1:100,000. For large areas there is now also an extensive range of geophysical data, including terrestrial and airborne magnetic maps, gravimetric, electrical and resistivity maps, and seismic and seismological records. In addition, data from exploration and stratigraphic drill holes are available. For extensive areas there are also high-precision levelling data. These are permanently correlated with the results of satellite geodesy measurements.

In addition, the modern scientist now has at his/her disposal an array of new remote sensing data. Stereoscopic analysis of air photos enables office-based investigation of three-dimensional relief models at relatively large scales, commonly 1:25,000 to 1:50,000. Morphological relationships can now be observed and studied in conjunction with detailed geological maps published at a similar range of scales to the topographic maps. Regional relationships are commonly analysed using satellite images at scales ranging from 1:100,000 to 1:1,000,000. Often there are also data from previous investigations, usually organized in databases or information systems. Today even a researcher of modest capability, using the abundance of available data, can make a serious synthesis and trustworthy interpretation of the youngest tectonic activity.

The problems encountered by Cvijic in his day are best illustrated by some quotations from his papers. With regard to the Prokletije Mountains, for example, he wrote (1913) that they are: "... *the most unexplored mountainous group in Europe, which is represented by contour lines on the Austrian 1:200,000 scale topographic map, but in its highest part ... has no individual peaks. Presentation of the mountainous forms is often completely unreliable, and the directions of the valleys are wrong ... it was very difficult to locate the results of scientific observations, especially cirques on the highest mountain tops, because of the aforemen-*

разгледао циркове Ахмице и Русулије" (стр. 193).

tioned cartographic mistakes" (p.215). For the same area Cvijic (1913) also recorded that: "... there is no good map. The only usable map is a topographic map of the Military Institute of Vienna, at 1:200,000 scale, but it is also very inaccurate ... there are no contour lines or hachures, and the terrain downstream from Haila in the valley of the River Ibar is marked as unknown, a blank surface ..." (p.190).

Remote sensing methods were developed long after Cvijic's death. He could use only the most primitive kind - visual observations from mountain peaks. An interesting example of this is documented (Cvijic, 1899, p.130) from the summit of Mount Durmitor: *"From Cirova Pecina the horizon is everywhere very extensive, but I could clearly observe only those mountains ..."*. This is followed by a detailed description of the surrounding terrain. Cvijic was using visual observations from mountain tops as a basic method of qualitative regional geomorphological analysis. In the Prokletije Mountains he (Cvijic, 1913, p.193) records that: *"... I was investigating only the cirques of Haila, and from Haila I was observing the cirques of the Ahmica and Rusulija"*.

ЗАКЉУЧАК

Цвијић представља једног од првих научника који је крајем деветнаестог и почетком двадесетог века уочио значај најмлађих тектонских покрета и њима објашњавао настанак и еволуцију рељефа. Знатно пре дефинисања појма неотектонике и развоја методологије неотектонских проучавања обављао је неотектонска и морфоструктурна проучавања заснована на квалитативној анализи рељефа. Његов приступ геоморфолошким истраживањима, повезивање геоморфолошких са геолошким процесима, чини основ савремене неотектонике и морфоструктурне анализе. Јован Цвијић се стога са правом може сматрати претечом савремене научне дисциплине назване неотектоника.

CONCLUSIONS

Jovan Cvijic was one of the first scientists who, from the end of 19th century, noticed the importance of the youngest tectonic movements and used his observational and analytical skills to explain the genesis and evolution of topographic relief. He was undertaking neotectonic and morphostructural investigations, based on qualitative relief analysis, well over half a century before the definition of neotectonics and the development of the modern methodologies of neotectonic investigations.

Cvijic's approach to geomorphological investigations, relating geomorphological with geological processes, forms the basis of present-day neotectonic and morphostructural analyses. For this reason he must be considered the first pioneer, the true forefather, of the science of neotectonics.

Acknowledgment:

Author is grateful to Dr. Roy Cox from Westleigh (Sidney, Australia) for his generous help in organizing this text and tremendous efforts in modifying English translation from Serbian original.

REFERENCES

- CVJIĆ, J. 1897. Traces of the old glaciers on Mount Rila (in Serbian). *Glas SKAN LIV*. Belgrade. pp.1-103.
- CVJIĆ, J. 1899. Glacial and morphological studies of the mountains in Bosnia, Herzegovina and Monte Negro (in Serbian). *Glas SKAN LVII*. Belgrade. pp. 1-196.
- CVJIĆ, J. 1903. New results on the glacial epoch in the Balkan Peninsula (in Serbian). *Glas SKAN LXV*. Belgrade. pp. 185-333.
- CVJIĆ, J. 1910. The evolution of Lake Eordean during the Diluvium age (in Serbian), *Glas SKAN LXXXI*. Belgrade. pp. 1-84.
- CVJIĆ, J. 1913. The ice age in the Prokletije and surrounding mountains (in Serbian). *Glas SKAN XCI*. Belgrade. pp. 188-267.
- CVJIĆ, J. 1924. Geomorphology I (in Serbian). Belgrade.
- ČIRIĆ, B. 1992. Geodynamics of the Belgrade area in neotectonic time (in Serbian). *Zapiski Srpskog geološkog društva. Jubilarna knjiga (1891-1991)*. Belgrade.
- GERASTIMOV, I.P. 1946. Experience with geomorphological interpretations of the general scheme of geological structure of the Soviet Union (in Russian). *Problemi fizičeskoj geografiji, 12, Seriya geologija*. Moscow.
- GERASTIMOV, I.P. 1960. Geomorphological expression of neotectonics (in Russian). *Novejšie dvizhenia materikov i dna okeanov, Izdat. Nauka*. Moscow. pp. 44-46.
- INQUA, Neotectonics Commission. 1978. *Bulletin No.1*. Stockholm.

- NIKOLAEV, N.I. 1962. Neotectonics and its expressions in the structure and relief of the USSR (in Russian). *Gosgeolizdat*. Moscow.
- NIKOLAEV, N.I. 1977. Geomorphological and neotectonic aspects of the new global tectonic concept of the lithospheric plates (in Russian). *Izvestiya visshih uchebnih zavedinij, Geologiya i razvedka No.7*. Moscow.
- OBRUTCHEV, V.A. 1948. The basic features of the kinetics and plastics of neotectonics (in Russian). *Izdat. Akademii nauk USSR*. Moscow.
- SHULTZ, S.S. 1937. On the newer tectonics of the Tyan Shan (in Russian). *VII International geological Congress*. Moscow.

ЗАКЉУЧАК

Џвијић представља једног од првих научника који је крајем деветнаестог и почетком двадесетог века уочио значај најмлађих тектонских покрета и њима објашњавао настанак и еволуцију рељефа. Знатно пре дефинисања појма неотектонике и развоја методологије неотектонских проучавања обављао је неотектонска и морфоструктурна проучавања заснована на квалитативној анализи рељефа. Његов приступ геоморфолошким истраживањима, повезивање геоморфолошких са геолошким процесима, чини основ савремене неотектонике и морфоструктурне анализе. Јован Џвијић се стога са правом може сматрати претечом савремене научне дисциплине назване неотектоника.

CONCLUSIONS

Jovan Cvijic was one of the first scientists who, from the end of 19th century, noticed the importance of the youngest tectonic movements and used his observational and analytical skills to explain the genesis and evolution of topographic relief. He was undertaking neotectonic and morphostructural investigations, based on qualitative relief analysis, well over half a century before the definition of neotectonics and the development of the modern methodologies of neotectonic investigations.

Cvijic's approach to geomorphological investigations, relating geomorphological with geological processes, forms the basis of present-day neotectonic and morphostructural analyses. For this reason he must be considered the first pioneer, the true forefather, of the science of neotectonics.

Acknowledgment:

Author is grateful to Dr. Roy Cox from Westleigh (Sidney, Australia) for his generous help in organizing this text and tremendous efforts in modifying English translation from Serbian original.

REFERENCES

- ЏВИЈИЋ, J. 1897. Traces of the old glaciers on Mount Rila (in Serbian). *Glas SKAN LIV*. Belgrade. pp.1-103.
- ЏВИЈИЋ, J. 1899. Glacial and morphological studies of the mountains in Bosnia, Herzegovina and Monte Negro (in Serbian). *Glas SKAN LVII*. Belgrade. pp. 1-196.
- ЏВИЈИЋ, J. 1903. New results on the glacial epoch in the Balkan Peninsula (in Serbian). *Glas SKAN LXV*. Belgrade. pp. 185-333.
- ЏВИЈИЋ, J. 1910. The evolution of Lake Eordean during the Diluvium age (in Serbian), *Glas SKAN LXXXI*. Belgrade. pp. 1-84.
- ЏВИЈИЋ, J. 1913. The ice age in the Prokletije and surrounding mountains (in Serbian). *Glas SKAN XCI*. Belgrade. pp. 188-267.
- ЏВИЈИЋ, J. 1924. Geomorphology I (in Serbian). Belgrade.
- ЏИРИЋ, B. 1992. Geodynamics of the Belgrade area in neotectonic time (in Serbian). *Zapiski Srpskog geoloskog drustva. Jubilarna knjiga (1891-1991)*. Belgrade.
- GERASIMOV, I.P. 1946. Experience with geomorphological interpretations of the general scheme of geological structure of the Soviet Union (in Russian). *Problemi fizicheskoj geografii, 12, Seriya geologiya*. Moscow.
- GERASIMOV, I.P. 1960. Geomorphological expression of neotectonics (in Russian). *Noveyshie dvizhenia materikov i dna okeanov, Izdat. Nauka*. Moscow. pp. 44-46.
- INQUA, Neotectonics Commission. 1978. *Bulletin No.1*. Stockholm.

- NIKOLAEV, N.I. 1962. Neotectonics and its expressions in the structure and relief of the USSR (in Russian). *Gosgeolizdat*. Moscow.
- NIKOLAEV, N.I. 1977. Geomorphological and neotectonic aspects of the new global tectonic concept of the lithospheric plates (in Russian). *Izvestiya visshih uchebnih zavedinij, Geologiya i razvedka No.7*. Moscow.
- OBRUTCHEV, V.A. 1948. The basic features of the kinetics and plastics of neotectonics (in Russian). *Izdat. Akademii nauk USSR*. Moscow.
- SHULTZ, S.S. 1937. On the newer tectonics of the Tyan Shan (in Russian). *VII International geological Congress*. Moscow.