

БРАНИСЛАВ МИЛОВАНОВИЋ О МИЛАНКОВИЋЕВОЈ ТЕОРИЈИ ОСУНЧАВАЊА

ВЛАДО МИЛИЋЕВИЋ^{1,2}

¹ *CL Consultants Ltd.*

3601-A 21 St NE, Calgary, AB Canada T2E 6T5

² *3VM Geo Ltd.*

E-mail: vladomilicevic@shaw.ca

Резиме: Професор Бранислав Миловановић (1908-1977) написао је још 1942. године научно-популарно дело „Тајанствена Земља“ у коме је, између осталог, у неким својим деловима разложио Миланковићеве циклусе осунчавања, чиме се уврстио у ред ретких српских геолога који су у најранијој фази рађања ове теорије правилно схватили не само њен значај и примену, већ су је безусловно прихватили као исправну и математичко-физички оправдану. У овом раду дат је осврт на Миловановићево схватање Миланковићеве теорије осунчавања коју је на више места помињао у својој књизи, а посебно обрадио када је говорио о методама одређивања апсолутне старости стена. Професор Миловановић је то поновио и у својој књизи „Општа геологија“ из 1949. године приликом образлагања узрока климатских колебања у плеистоцену, чиме је доказао не само свој широк геолошки спектар интересовања, већ и непресушну тежњу да се геолошка наука оплемени и обогати сазнањима која у својим основама задиру у граничне делове геолошке и других наука. Иако је књига „Тајанствена Земља“ писана пре седам деценија, ипак до дана данашњег ништа није изгубила од своје лепоте и привлачности. Поједини њени делови сада геолошки делују анахроно, али је зато схватање Миланковићевих циклуса осунчавања остало потпуно исправно, вредно и трајно. Са аспекта данашње палеоклиматологије, професор Миловановић је дао такве приказе кроз геолошку историју планете да су они и даље незаобилазни иако му то није био доминантан циљ ни домен изучавања. Ово се посебно односи на терене Србије и Балканског полуострва.

Бранислав Миловановић (1908-1977), професор Рударско-геолошког факултета у Београду, спада у плејаду водећих српских геолога и, поред имена као што су Јован Жујовић (1856-1936), Светолик Радовановић (1863-1928), Владимир Петковић (1873-1935), Владимир Ласкарев (1869-1954) и други, припада групи пионира који су храбро утирали прве стазе српске

науке о Земљи на тлу Балканског полуострва. Бранислав Брана Миловановић (сл. 1) био је, међутим, и нешто друго, па ћемо о томе овом приликом рећи знатно опширније.

Једна од ретких геолошких књига која је писана на популаран начин појавила се при крају прве половине XX века у време окупације земље, тешке 1942. године. Носила је назив „Тајанствена Земља“, а имала је поднаслов „Геологија за свакога“. Аутор књиге био је млади Бранислав Миловановић, који је тек био навршио 34. године живота, али коме ће комунистичка власт по ослобођењу земље много што-шта замерити (вероватно и издање поменуте књиге?), а кулминација ће се одиграти његовим протеривањем са Универзитета.



Слика 1. Бранислав Миловановић (1908-1977).

То, међутим, није предмет овог рада, већ оно што је Миловановић као млад стручњак запазио и прихватио много раније од писања поменуте књиге и далеко пре својих искуснијих колега. Било је то његово схватање Миланковићевих циклуса осунчавања, коначно синтети-зованих и објављених у облику капиталног дела „Канон осунчавања Земље и његова примена на проблем леденог доба“ (у оригиналу на немачком: „Kanon der Erdbestrahlung und Seine Arwending auf das Eiszeitenproblem), а које је штампано само годину дана пре већ поменуте научно-популарне књиге „Тајанствена Земља“ (Миловановић, 1942).

Пођимо редом у разматрање ових писаних докумената.

У поглављу „Клима се мења“ (стр. 173-184) Миловановић се не упушта у коментарисање дотадашњих бројних теорија о настанку ледених доба (узгред буди речено, оне су му морале бити познате, јер је био добар познаваоц процеса глацијације), већ једноставно и директно, без и најмање сумње, саопштава следеће:

Стварање ових маса леда било је изазвано чисто астрономским узроцима; они су чинили да количина топлоте коју прима Земља од Сунца опадне, а услед опадања средње летње инсолације наступило је спуштање границе вечног снега у севернијим крајевима ка југу а у високим планинама ка подножју.

У наведеном пасусу Миловановић нигде експлицитно не наводи Миланко-вићево име, али га зато дословно и несумњиво цитира. Посебно се то запажа на узроцима стварања великих маса леда, затим летњу инсолацију и, на крају, границу вечног снега и то на северној планетарној хемисфери. Миловановић је, дакле, тачно знао на кога се то односи и зато у каснијем делу текста своје књиге на веома леп и једноставан начин објашњава како се понашао биљни и животињски свет када је наступила промена климе и њено екстремно стање у виду глацијације. Из тих разлога Миловановић европски

континент посматра кроз тзв. „хладну“ фауну и дочарава еко систем са мамутима, рунастим носорозима, бизамским говедима, ирвасима и северним јеленима, поларним лисицама и алпским зечевима, а „хладну“ флору представом арктичких тундри и сувих степа.

Као врсни геолог, Миловановић указује на читав низ доказа по којима се јасно запажа да се током протеклог геолошког времена клима непрестано мењала, бивала час топлија, час хладнија. Као крунске доказе он наводи ширење и сужа-вање зона коралних спрудова, распрострањење црвених пешчара као индикатора аридне и семиаридне климе, наизменичне осцилације сахарских подземних вода, појаве старих речних долина¹, нагомилавање каменог угља на Шпицбершким острвима² и с тим у вези папрати лепидодендрона, сигиларија, каламита и других типичних представника скоро тропске климе, а на Балканском полуострву прона-ласке костију слонова, носорога, жирафа, мајмуна, хијена, тигрова и других данас типичних афричких степских животиња у старим речним и језерским наносима.

С тим у вези Миловановићев закључак да је *стара афричка степа на тлу Балканског полуострва могла да опстане са свим својим егзотичним становни-цима само под другим климатским условима* има јасно разумевање цикличних промена током Земљине геисторије. Другим речима, ово је у духу Миланковићевих циклуса осунчавања, јер садржи све елементе схватања сталних и дугопери-одичних астрономских утицаја на климу на Земљи.

Уколико у поглављу „Клима се мења“ није експлицитно навео име Милутина Миланковића нити његове циклусе осунчавања, утолико је у одељку „Најпрецизнија метода“ (стр. 266-268) књиге „Тајанствена Земља“ Миловановић дословно и у најкраћим могућим цртама растумачио Миланковићеву теорију и његов тек свеже одштампан и касније гласовити „Канон осунчавања Земље“ из 1941. године. Миловановић се у овом случају јавља међу првим српским геолозима који је не само правилно протумачио цикличне климатске промене и прихватио их као такве, већ је њихове делове храбро унео у своју лепу књигу ни једног тренутка не сумњајући у њихову

¹ Миловановић је овим показао изузетан визионарски дар, јер се данас велика пажња придаје сателитским снимцима и снимцима лендера са Марса на којима се утврђују старе речне долине како би се пронашли трагови воде на овој планети (Милићевић, 2011).

² У својој књизи „Кроз поларну област“ (стр. 25-26) Михаило Петровић, Мика Алас саопштава: „У току 19-ог и 20-ог века многобројне су експедиције већ прилично испитале Шпицберг у сваком погледу. Тамо су нађени и разрађени богати рудници угља, гипса, графита, оловних руда са сребром, мермер итд.“ И даље, на стр. 26-27 Мика Алас наставља: „То је, на првом месту, Ајс-Фјорд и Адвент-Беј (оба су фјордови, прим. аутора рада), у којима се вади камени угаљ првог квалитета, због чега је и основана рударска варошица Лонгјар-Сити, са модерним инсталацијама за тај посао.“

исправност, како су то чинили многи „опрезни“ стручњаци тога времена. И не само то; он је наводи и као „најпрецизнију методу“, што само по себи све говори.

Професор Миловановић на самом почетку наведеног поглавља саопштава следеће:

Једна метода, сасвим нова, оригинална и увелико смела, која, ма да се не може применити на старије одељке геолошке историје Земље, ипак омогућује одређивање апсолутног трајања читавог низа важних догађаја у току последњих 600.000 година, нарочито је значајна за нас. Последњих 600.000 година одговарају данашњици и великом леденом добу. То је време у коме се одиграва најважнији део еволуције човека, доба када у више махова Европу покривају моћне масе леда и далеко на југ допиру поларне тундре и поларна фауна.

Са данашње тачке гледишта, професору Миловановићу се не може замерити што је у својој првој реченици начинио погрешку, па је Миланковићеву теорију лимитирао на време за које је он извршио своје првобитне прорачуне, јер треба разумети доба у коме је она стварана, њене младе гране, веома изражено ондашње неповерење стручњака и њихове бројне сумње, а посебно тадашњу немогућност потпуне провере, као и научно-технолошки ниво развоја тог времена.³ Са друге стране, Миловановић није могао у потпуности да сагледа њену укупну геолошку, а посебно временску ширину, вероватно због тога што је њено првобитно упориште било на најмлађем делу квартарног периода или плеистоцена, па је касније дограђивана и проширена да би се потом, нарочито после смрти и Миланковића и Миловановића, сагледала њена свеукупна комплексност (види Hays et al., 1992; Berger et al., 1992; Olsen & Kent, 1995; Laskar, 1999; Shackelton et al., 1999) итд.

Постоји могућност да је овакво схватање иницирао квартаролог Ласкарев (1938) који је у свом раду „Трећа белешка о квартарним наслагама у околини Београда“ први пут применио Миланковићеве прорачуне и његову соларну криву, па је то могло Миловановића да подстакне на овакво схватање. Њему су поуздано били познати резултати Ласкаревљевих проучавања квартара Београда, а, исто тако, и његови други резултати (нпр., велешке горњомиоценске-доњоплиоценске серије, унутрашњег миоценског мора кога

³ Слична размишљања аутор овог рада чуо је чак и у последњој деценији XX века! Поједини су ишли дотле да су негирали све резултате истраживачког пројекта CLIMAP (Climate: Long Range Investigation, Mapping and Prediction) иако се никада са његовим завршним подацима нису детаљније упознали, а још мање бавили. Известан број називи стручњака чак је тврдио да Миланковић представља тренутну научну „моду“, а неки, који су првобитно били сличног мишљења, ипак су доживели стручно „просвећење“ и чак током времена постали главни поборници Миланковићеве теорије осунчавања. Њихова имена намерно нису наведена, јер овим, пре свега, желимо да наведемо феномен закаснелог sazревања истинске научне вредности.

је назвао Паратетис итд.), па је највероватније из тих разлога и наводио такве податке у свом делу „Тајанствена Земље“.

Назови „лимитирајући“ временски фактор Миланковићевих циклуса осунчавања касније ће прихватити и Петар Стевановић (1914-1999), такође, професор са Београдског универзитета, академик и квартаролог, вероватно по аутоматизму и то ће поновити у својим успоменама на Миланковића као научника и човека (Стевановић, 1979 и 1999), тј. повом обележавања стогодишњице рођења великог научника.⁴

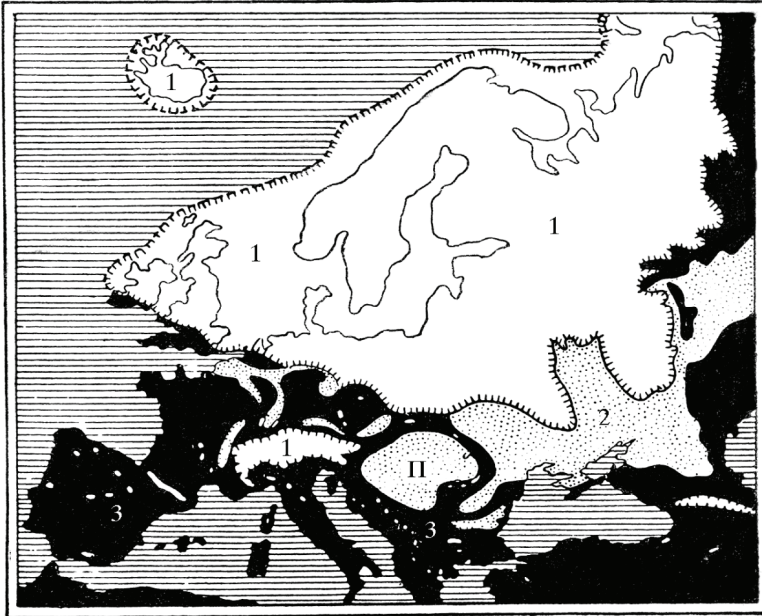
Оно што је много битније код Миловановића, уколико се вратимо на предмет ове расправе, то се огледа у његовој последњој реченици цитираног пасуса где понавља своје схватање о цикличности климатских процеса, објашњавајући то на примеру Европе. Према је, рецимо, североамерички континент у том погледу далеко примернији (што се аутор овог текста безброј пута уверио радећи теренска истраживања на просторима бившег кордиљеријског и делимично лаурен-тијског ледника), ипак су бројна глацијална проучавања и непосредно откриће постојања леденог доба у геолошкој прошлости Луја Агасиса (1807-1873) код Миловановића однела превагу у корист Старог континента (види сл. 2).

У свом даљем тексту професор Миловановић каже следеће:

Аутор ове теорије је Милутин Миланковић, професор Београдског универзитета. Он је утврдио да се услед периодичних промена ексцентрицитета Земљине путање, перихела и нагнутости еклиптике, периодично мењала и количина Сунчеве топлоте коју примају разни упоредници Земљине површине. Положај и облик ове елипсе мења се током векова под утицајем других планета, а осим тога, мења се и нагиб Земљине осе према равни њене путање. То је све изазвало значајне промене у количини топлоте коју примају у току векова разне тачке њене површине.

По схватању проф. Миланковића, појаве великих ледених маса у областима у којима их пре тога није било, условљене су првенствено опадањем средње летње инсолације. Ова колебања средње летње инсолације, израчуната астрономско-математичком методом, Миланковић је представио једном кривом – кривом инсолације. У њу су унесена климатска колебања за период од 650.000 година, рачунајући уназад од 1.800 година после Христа, затим временско трајање сваког од ових климатских колебања.

⁴ Том приликом професор Стевановић је написао следеће: „Док су остале поменуте методе (мисли се на методе U, K-Ar, Li-Sr и др., прим. аутора овог рада) залазе у далеку прошлост Земљине коре, астрономска и радиокарбонова метода су ограничене на квартал, прва на цео период, друга само на последњих 40.000 година.“



Слика 2. Једна од раних представа европског континента у време леденог доба. Бранислав Миловановић је ово искористио да би показао климатске промене током квартера као и максимално надирање ледника (беле површине означене са 1), област лесних наслага (ознака 2) и Панонског басена (ознака П), као и просторе степа и шума (ознака 3, која иначе није назначена у Миловановићевој књизи). Скица је преузета из Б. Миловановић: „Тајанствена Земља“.

Према овим подацима, у току последњих 650.000 година инсолација је 9 пута толико интензивно опадала да се граница вечног снега морала знатно померати надоле. Максимална спуштања ове границе извршила су се пре 25.000, 71.900, 115.000, 187.500, 230.000, 435.000, 475.000, 550.000 и 590.000 година. Треба напоменути да се максимум захлађења не поклапа са минимумом инсолације, јер су глечери настављали да расту кроз извесно време иако је средња летња инсолација, пошто је прешла минимално стање, почела да се пење, јер је ово повишавање средње температуре било испочетка тако незнатно да се није ни осетило. Због тога је лед често захватао највеће пространство у време када је инсолација давно већ била прешла најнижу тачку. Ове појаве „задоцњавања“ чине да при одређи-вању временског трајања глацијације на основу инсолационих криви, треба увек рачунати и задоцњавање од неколико хиљада година.

Из три наведена пасуса, запажамо да је Миловановић не само у потпуности био упознат са готово свим детаљима Миланковићеве теорије осунчавања, већ је поуздано у рукама имао и његов тек одштампан „Канон осунчавања Земље“ на основу кога је преузео и пренео најважније

палеоклиматолошке детаље у своју књигу и тиме себи градио геолошки инсолациони оквир. Његово излагање теорије осунчавања хронолошки је консеквентно; Миловановић започиње са узроцима које Миланковић математички обрађује (наводи следеће астрономске елементе: *периодичност ексцентрицитета Земљине путање, перихела и нагнутости еклиптике*), затим прелази на Земљин одзив кроз *промену количине Сунчеве топлоте коју примају разни упоредници Земљине површине* и као завршни чин тако измењеног стања долази до резултата који указује да су тиме изазване *појаве великих ледених маса у областима у којима их пре тога није било*.

Као највреднији Миланковићев допринос Миловановић издваја инсолациону криву, наравно, не залазећи у њене детаље нити у Миланковићеву оригиналну идеју средње инсолације и уопште поделу године на летњу и зимску полугодину. То је и разумљиво, јер за једног геолога то и није било најзначајније, зато што су Миловановићева размишљања мање математичка, а много више хронолошка и у основи еволуционистичка.

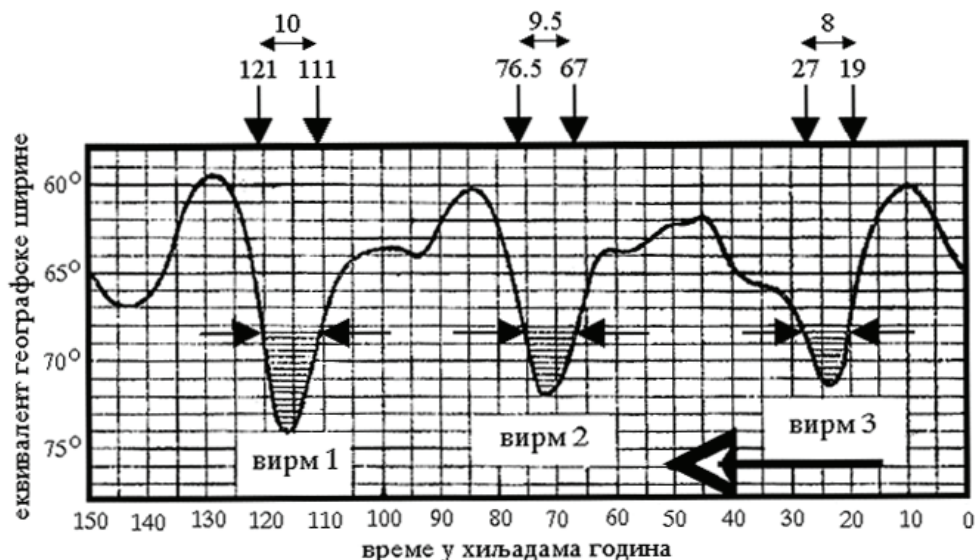
Миловановић апсолутно прецизно наводи времена које је Миланковић срачунао као максимуме захлађења или ледена доба. Он их не издваја по широко распрострањеној алпској подели у Европи на гинц, миндел, рис и вирм, већ само даје преглед као 9 фаза захлађења, јер су му много значајнија временска датирања у апсолутним него у релативним годинама. Заправо, за Миловановића, као и већину геолога, податак, рецимо, од 25.000 година, када се догодио максимум последње глацијације, има много веће значење, јер може много повољније да се корелише са догађајима који су се одиграли у то време, пре или после тога. Како су то каснија истраживања показала, нпр., веома је значајно познавање времена почетка насеља-вања пећина у Ђердапу и ниским дунавским терасама, стварање културе Прото Лепенски Вир итд. (Милићевић, 2009а).

Како је Миловановић веома луцидно запазио да се код Миланковићевих циклуса осунчавања не поклапају времена максималног захлађења са минимумом инсолације, већ постоји тзв. фазни помак (он је то народски назвао „задоцњавање“), из овога може да се разуме и објасни пример Прото Лепенског Вира, рецимо, тј. рана фаза наведене културе која је почела да се ствара пре око 20.000 година или најмање 5.000 година после максимума последње глацијације вирм 3 (Срејовић, 2001; Bonsall et al., 2004; Борић и Димитријевић, 2007). Сличне примере можемо да пронађемо и код других минимума инсолације, а да бисмо ову појаву још детаљније објаснили, послужићемо се Миланковићевим дијаграмом за последњих 150.000 година и разложићемо их аналитички.

Дакле, наведених 150.000 година у развоју планете обележила су три ледена доба: вирм 1, вирм 2 и вирм 3 (дато по алпској подели). Према

Миланковићевим прорачунима максимуми захлађења одиграли су се пре 115.000 (вирм 1), 71.900 (вирм 2) и 25.000 година (вирм 3).⁵

На дијаграму осунчавања (сл. 3) конкавне делове криве Миланковић је осенчио од 68,5-ог упоредника, посматрано по оординати или еквиваленту географ-ске ширине, како је назначио, па наниже све до њихових крајњих минимума. Ово омогућава да се прати следеће: а) дужина сваког тако добијеног конкавног дела дијаграма, б) карактер њиховог појављивања и в) трага за везом са смањењем средње температуре летње полугодине.



Слика 3. Миланковићева крива осунчавања за последњих 150.000 година или ледено доба вирм са његова три глацијала. Према осенченим деловима које је Миланковић назначио, издвојена су псевдовремена или трајање сваког посебно (назначено изнад дијаграма) и њихови карактери као основе за прецизније одређивање стварног догађајаогазахлађења.

⁵ Наведена времена последња три ледена доба у потпуности су идентична са онима које наводи и Миловановић, тј. онако како их је Миланковић срачунао и табеларно приказао за Земљину површину и географску ширину од 45°. Мишљење аутора овог рада је нешто другачије, јер је за предстојећу анализу од изузетног значаја калорична летња полугодина. Уколико се иде тим путем, тада је ситуација са минимумима осунчавања нешто измењена, па се максимуми захлађења јављају пре 116.100 (вирм 1), 71.900 (вирм 2) и 22.100 година (вирм 3), посматрано по истој географској ширини. Измењене варијације код вирма 1 и вирма 3 имају свој значај код високих географских ширина и за екваторијални појас, тј. налазе свој одраз у интензитету глацијације, пре свега, што може бити предмет неких других разматрања.

Посматрајмо све ово речено мало пажљивије на дијаграму, не заборављајући Миловановићеву напомену о односу максимума захлађења и минимуму инсолације, и анализирајмо вирмске глацијалне фазе графички и рачунски.

Последња три захлађења нису трајала подједнако, с тим у вези ни границе вечног снега нису се спуштале истоветно, па самим тим чињеницама ни пад средњих годишњих температура није могао бити исти. При свим тим наведеним критеријумима, запажамо да је вирм 1 у сваком погледу био најхладнији и да је по свом трајању представљао најдуже ледено доба. Графички посматрано, као и по Миланковићевом дијаграму осунчавања, може се запазити да је ефективно износио око 10.000 година (види сл. 3, назнака горе), а да су вирм 2 и вирм 3 трајали нешто краће или око 9.500 и 8.000 година.⁶ Наведени подаци, међутим, искључиво се односе на најекстремније делове криве осунчавања или вирмску глацијацију, али се тиме не добија егзактан увид у дужину њиховог временског трајања. *Ово представља само радни оквир за различите врсте анализа последње глацијације, корисно за откривање потенцијалних веза са бројним геолошким догађајима тога времена, а, исто тако, и неку врсту препоруке за планска теренска истраживања.*

Миланковићеви прорачуни су показали још нешто: уколико разматрамо најстарију вирмску глацијацију, уочићемо да су се негативне вредности каноничних јединица (или ΔQ_s , како је Миланковић назначио, а ми ћемо их у будуће скраћено обележавати са КЈ) јавиле између 125.000 година (+700КЈ) и 120.000 година (-550КЈ) у почетној фази и између 110.000 година (-450КЈ) и 105.100 година (+150КЈ) у завршној фази глацијације за географску ширину од 45°. ⁷ Једноставном интерполацијом долази се до податка да се *нулта вредност каноничних јединица* налазила на почетних 122.100 година, а *завршина* на 106.300 година. Ових 15.800 година добијених са дијаграма секуларног тока осунчавања Земље још више истиче временску разлику у односу на промену количине осунчавања у току летње калоричне полугодине и њених нултих каноничних јединица за вирм 1 која, како смо назначили, износи 10.000 година (види сл. 3).

У оваквом случају запажа се да је крива инсолације асиметрична, јер наведених 122.100 година одговара географској ширини од 65°, а 106.300

⁶ Прецизнији математички прорачуни показују следеће трајање три последње глацијације (дато на бази назначених површина минимума осунчавања): вирм 1 = 10.000 година (од 120.800 до 110.800), вирм 2 = 9.400 година (од 76.300 до 66.900) и вирм 3 = 8.500 година (од 27.400 до 18.900). Ово јасно доказује да је за обележавање осенчених глацијалних минимума Миланковић користио податке добијене из промене количине топлоте доспеле током калоричне летње полугодине, а не оне који представља секуларни ток осунчавања Земље уз респект промене њене рефлексивне моћи.

⁷ Наведене географске ширине највише одговарају територији Србије, па је то био основни разлог зашто су баш оне узете у разматрање.

година географској ширини од $64,5^\circ$ северне хемисфере. Добијена разлика од 15.800 година не представља трајање леденог доба под називом вирм 1, већ искључиво *математички израз нултих вредности ΔQ_s* . Тачније трајање леденог доба може да се потражи на више начина, а ми овом приликом издвајамо пет следећих:

о) математички прорачун, како је то Миланковић урадио у свом вишегодишњем раду, и усвајањем критичних вредности каноничних јединица за ту појаву;

п) графичко-геометријски начин који ће бити примењен, представљен и детаљно образложен овом приликом на примеру вирма 1 и уз директно коришћење дела Миланковићевог дијаграма осунчавања;

р) теренска истраживања и опсервације, посебно проучавање добро датираних и континуираних плеистоценских серија на отвореним профилима;

с) комплексна примена палеоклиматолошких метода и њихова комбинација са радиометријском одредбом старости;

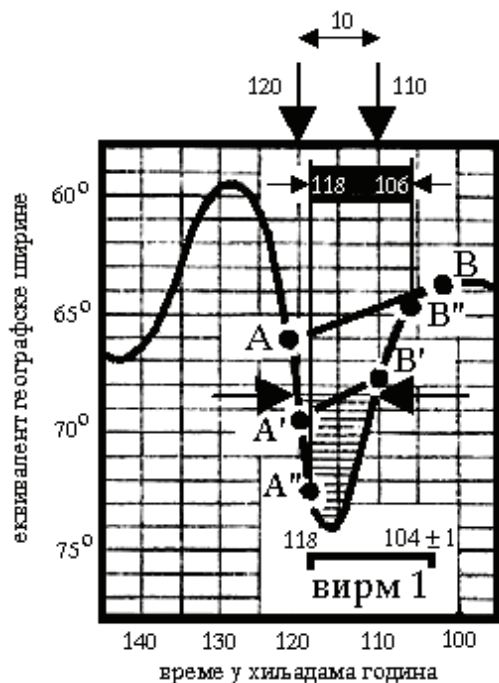
т) комбинација свих метода наведених од (о) до (с).

Приступимо, дакле, графичко-геометријском поступку који смо назначили под (п).

Узмимо у том циљу криву инсолације за ледено доба вирм 1 и њене нулте каноничне вредности, па их на Миланковићевом дијаграму осунчавања назначимо као тачке А и В (сл. 4). Учинимо то исто само овога пута одабравши тачке на инсолационом дијаграму чије су каноничне вредности -500 јединица и означимо их са А' и В'.⁸ Из овог поступка уочавамо да је следеће:

А (0КЈ)	= 122.100 година
В (0КЈ)	= 106.300 година
А' (-500КЈ)	= 119.800 година
В' (-500КЈ)	= 110.200 година

⁸ Наведени поступак није применљив за секуларни ток осунчавања Земље и промену количине топлоте доспеле током летње калоричне полугодине за географске ширине од 45° , јер, нпр., ни за једну вирмску глацијацију вредности каноничних јединица не износе мање од -480. Ово се искључиво односи на зимску калоричну полугодину, коришћену са дијаграма секуларног тока осунчавања Земље.



Слика 4. Принцип геометриског решавања почетка и завршетка леденог доба вирм 1 као и фазног помака између максимума захлађења и минимума инсолације. На основу овог поступка добија се да је ефективно ледено доба вирм 1 трајало између 13.000 – 15.000 година, тј. од 118.000 до 106.000 ± 1.000 година или од $72,5^\circ$ до $64,5^\circ$ посматрано по географској ширини (види разлику положаја A'' и B'').

Да бисмо прорачуне што више поједноставили, усвојићемо да тачка A' одговара времену од 120.000 година, а тачка B' времену од 110.000 година. Ово је, како се може запазити, у поприлично великој сагласности са најекстремнијим делом криве осунчавања за вирм 1 или са издвојеним најхладнијим периодом леденог доба (види сл. 3). Нешто раније, међутим, већ смо закључили да разлика ових година или добијених 10.000 година не представљају истовремено и ефективно ледено доба вирм 1.⁹

Већ смо навели да инсолациони дијаграм нема симетричан карактер, самим тим ни његов конкавни део, а та појава може да се објасни утицајем “задоцњавања” или фазним помаком између максимума глацијације и

⁹ При овом поступку треба дати једно додатно објашњење: да би се одредио фазни помак леденог доба, коришћен је дијаграм секуларног тока осунчавања Земље и вредности ΔQ_s за просторе до 45° северне географске ширине. И поред тога, то је веома блиско најекстремнијем делу промене количине топлоте доспеле у току летње калоричне полугодине за исту географску ширину. Овакав поступак има своје оправдање и дубоки смисао, јер се тиме добија минимални фазни помак, како ћемо то нешто касније видети, док би стриктним коришћењем секуларног тока осунчавања и његовом укупном рефлексином моћи, наведени временски помак био знатно већи (принцип калорична полусезона насупротив тоталном осунчавању). Њихове међусобне односе и детаљније интерпретације срачунато остављамо за нека друга разматрања.

минимума инсолације, како је то Миловановић (1942) навео, пажљиво пратећи и проучавајући Миланковићев дијаграм осунчавања.

При геометријском поступку, који смо започели, може се запазити да ни дужи АВ и А'В', које спајају нулте или -500-те вредности каноничних јединица нису хоризонталне, већ се налазе под неким одређеним углом у односу на хоризонталну раван (у датом случају између 20-30°), али увек у таквом положају да су тачке В и В' више од својих сестрица А и А' на дијаграму. Овај асиметричан карактер веома је добра основа за рачунање разлике у максимуму захлађења и минимума инсолације.

Дуж А'В' знатно је редукована у односу на првобитно разматрану дуж АВ и њихов међусобни однос дефинисан је следећом релацијом (сл. 4):

$$\overline{A'B'} \approx \frac{1}{2} \overline{AB}$$

Због свега тога морамо да поставимо наредно питање: на који начин да сазнамо колико је било трајање леденог доба, у нашем случају вирма 1?

Један од могућих одговора (критеријума) може бити геометријски са следећим образложењем.

За почетак глацијације прихватићемо најминималније вредности ΔQ_s између -700KJ до -900KJ. То истовремено означава "клизање" тачке А' по криви инсола-ције са правцем на доле до новоназначене тачке А" или временско померање са 120.000 година на 118.000, како је представљено на сл. 4. Иако је, како уочавамо са инсолационог дијаграма, тачка А" дубоко продрла по криви на доле у односу на нулту вредност каноничних јединица или тачку А (представљен пад са 66° екви-валента географске ширине на 72,5° или скоро до темена криве), и поред свега тога постоје реални предуслови да би она могла да представља почетну фазу глација-ције вирм 1, тј. временску одредницу од 118.000 година, како је корективно прика-зано на сл. 4.

При оваквом поступку добили смо једно ново растојање или дуж А'А" чију дужину можемо слободно пренети из тачке В' на више по инсолационој криви, а да при томе не начинимо погрешку по питању временског трајања разматраног леденог доба. Ова геометријска подударност или временска једнакост може помоћи да се правилно нађе одредба глацијалне неједнакости (асиметричност на криви), јер на овај начин добијамо нову тачку, коју смо назначили са В", а за коју не можемо експлицитно да тврдимо да представља завршетак разматраног леденог доба зато што, како смо то раније већ навели, недостаје поменути фазни помак, Миловано-вићево "задоцњење" или узроци глацијалног продужетка, инерција глацијације, коју и Миланковић пажљиво наводи у свом капиталном делу "Канон осунчавања Земље".

Према томе, поставља се следеће питање: где се налази завршетак леденог доба вирм 1?

Сасвим је очекивано да је негде на инсолационој криви између тачака В" и В, односно у времену од 106.000 до 103.500 година, тј. у дијапазону $\Delta Q_s = 0$ до +180KJ. Не може се са сигурном поузданошћу тврдити да је то било

засигурно пре 104.000 ± 1.000 година, како је то назначено на сл. 4, али се може дати препорука да је то *оквирно време* које треба проверити теренским проучавањима, детаљним истраживањима плеистоценских серија и комбинацијом са методама апсолутне старости стена.

Као могућ закључак намеће се чињеница да је осунчавање Земљине површине на око 45° северне географске ширине (осунчавање за велики део Србије) било најминималније у временском периоду од 118.000 до 104.000 ± 1.000 година и, уједно, то је највероватније била најхладнија фаза глацијације вирм 1. У том периоду средња годишња температура опала је за око 3°C , а граница вечног снега померена је чак за око 1300m наниже (Milankovitch, 1920 и 1941). Дијапазон $\Delta Q_s = 0$ до +180KJ или време од 106.000 до 103.500 година може се сматрати периодом фазног помака или климатским интервалом у коме је дошло до диспропорције између минимума инсолације и средње годишње температуре. То су, дакле, биле последње 2.500 година леденог доба вирм 1 које је већ било досегло свој климатски колапс, али су нагомилане ледене масе и даље одржавале ледене године, не због природног циклуса глацијације, већ природе високог албеда, неразвијене вегета-ције, сувих зима, праваца и јачине ветрова, океанских струјања, падавина и других регионалних и локалних климатских фактора.

Геометријску методу, коју смо приказали за глацијацију вирм 1, можемо да применимо и на млађа ледена доба, тј. вирм 2 и вирм 3, али они неће бити предмет ове наше “радње”, како је то сликовито умео да каже Миланковић. То срачунато остављамо за нека друга разматрања, а исто тако и старија ледена доба од вирма 1, све по одређеној потреби и са циљевима који се буду наметали у некој другој перспективи.

Уколико се поново вратимо на Миловановићеву књигу “Тајанствена Земља”, пронаћићемо у њој и текст о несвакидашњој природној појави која се назива *речна пиратерија* (стр. 297-300). Миловановић њу, наравно, објашњава са геолошког аспекта, посебно истичући фазе стварања речних корита и речних сливова, трагајући за усаглашавањем рељефа терена са токовима, нарочито великих река или тзв. “конкордантних долина”. И у овом случају он не пропушта могућност да помене име Милутина Миланковића, јер су исте те речне долине (нешто слично коралним рифовима, Broecker et al., 1968; Ku et al., 1990; Blanchon & Eisenhauer, 2001) представљале упечатљиве доказе о наизменичним климатским променама, фазама надирања и повлачења великог скандинавског инландајса (види сл. 2). Миловановић зато каже (стр. 300):

На основу броја и особина речних тераса у Алтима и Северној Европи констатовало се да је број ледених и међуледених доба у делувиуму био знатно већи него што се доскора сматрало. Немачки геолог Зергел¹⁰

¹⁰ Волфганг Сергел (Wolfgang Soergel, 1887-1946), немачки геолог-палеонтолог, професор Универзитета у Фрајбургу кога Миланковић често помиње у својим делима: м) “Канон осунчавања Земље” и н) мемоарима “Успомене, доживљаји и

утврдио је, на основу речних тераса, да се североевропски инландајс ширио и повлачио у више махова. Његови резултати постигнути студијом старих речних тераса поклапају се са резултатима које је професор Милутин Миланковић добио чисто астрономско-математичким испитивањима. Историја постанка Ђердапа, или Дарданела и Босфора, омогућује нам да реконструишемо читав низ врло значајних догађаја који су се одиграли у недавној геолошкој прошлости у овом делу Балканског полуострва и у суседним областима.

У својим мемоарима “Успомене, доживљаји и сазнања” Миланковић готово идентично, као Миловановић, говори о истој ствари (Миланковић, 1997, стр. 823):

Кепен-Вегенерово дело “Климата геолошке прошлости” предано је јавности 1924. Два месеца пре његовог објављивања појавио се Волфганг Сергел са једном монографијом која је носила наслов “Делувијалне терасе Илма и њихов значај за рашичлањавање леденог доба”. Његова истраживања, која је касније проширио и на сликове река Везере, Сале и Вере, показаше му да су у том пределу девет изразито хладних периода оставиле своје трагове у терасама тих река. Када је, убрзо затим, у Кепен-Вегенеровом делу сагледао моје криве, једва је могао да верује својим очима када је у њима пронашао исти број и исти распоред климатских промена.

Наведени Миланковићев цитат потиче из трећег дела његових мемоара, тј. времена после 1944. године. Ово недвосмислено говори да је Бранислав Миловановић врло рано и потпуно исправно сагледао бројне сегменте теорије осунчавања Земље и, кад год је било згодне прилике, истицао је као универзално средство и веома широко применљиву методу, посебно за палеоклиматолошку синтезу (Миловановић, 1949).

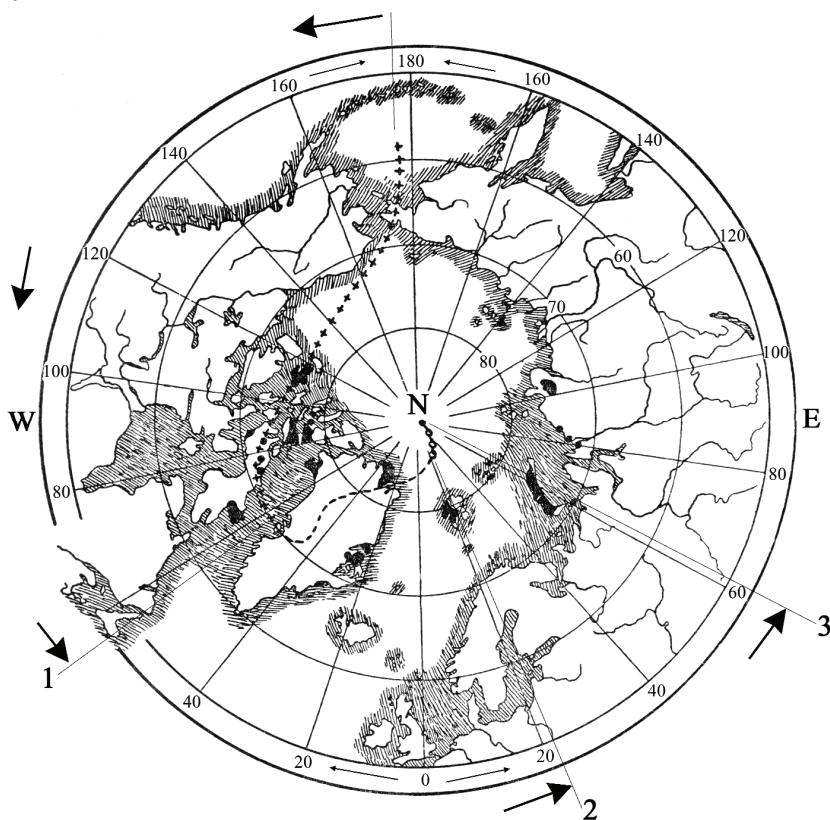
Данас су Миланковићеви циклуси осунчавања поуздано средство за рекон-струкцију климе која је владала у појединим одељцима Земљине прошлости, а та чињеница незаобилазна је и код оних разматрања која тумаче климатску будућност планете (Милићевић, 1997а и 1997б; Милићевић, 2000; Милићевић, 2008). У том смислу делувијалне речне терасе представљале су једну од првих значајних карика у палеоклиматолошком ланцу које је Миловановић знатно пре многих препознао и потом усвојио.

Премда се Миланковићево име нигде више експлицитно не помиње у Миловановићевој књизи “Тајанствена Земља”, ипак није тешко препознати или само наслутити његово присуство у многим другим поглављима, а

сазнања” (чак 16 пута, при чему не штеди речи хвале на Сергелов рачун: *најодлучнији присталица моје теорије*, стр. 717; *најактивнији борац за успех и примену моје теорије*, стр. 719; *најборбенији од свих мојих присталица*, стр. 786 итд. Сергел је добронамерно, али и неопрезно послао два млада немачка официра (тада његове студенте) да посете Миланковића у Београду за време окупације земље 1941. године и испоруче му поздраве. Та изненадна посета у Миланковићевој породици изазвала је велики страх, а касније је од власти злонамерно тумачено као шуровање са окупатором!

посебно оним која говоре о узроцима набирања планина (стр. 282-289) и геолошком раду леда (стр. 306-314). Веома је карактеристичан приказ померања положаја северног пола од терцијара до данас и представа Кепен-Вегенеровог дијаграма (стр. 288, види сл. 5) који је Миланковић (1932a; 1932b; 1933a; 1933b) накнадно математички проширио на време од $-\infty$ до $+\infty$ (Милићевић, 1997в и 1997г; Милићевић, 2009б и 2009в).

На стр. 289 своје књиге Миловановић саопштава да су *на промену климе у ранијим геолошким периодима утицали и други фактори. Велико захлађење у квартару изазвано је, као што смо већ видели, астрономским узроцима. Захлађи-вања у другим геолошким одсецима могла су бити проузрокована, како тврде неки аутори, и великим вулканским ерупцијама при којима је избачена у ваздух огромна маса вулканског пепела, аналогно ерупцији Кетмаја на Аљасци.*



Слика 5. Једна од најранијих представа кретања положаја пола ротације коју су приказали В. Кепен и А. Вегенер за период од терцијара (до ознаке 1 или обележено крстићима) до данас или у току делувијума и после њега (види до ознака 2 и 3 или назначено цртицама и кружићима), а које је Миловановић приказао у својој књизи. Бројне ознаке на периферији поларне пројекције накнадно су унете од стране аутора овог рада како би се добила што јаснија представа о кретању. Преузето из Б. Миловановић: „Тајанствена Земља“.

Према томе, за Миловановића не постоји никаква сумња када образлаже под којим се условима дугорочно мењала клима на Земљи, посебно у квартару. Чак је веома опрезан када наводи друге климатске факторе као што су вулканске еруп-ције, количина угљен-диоксида у атмосфери, померање континената, издизање планина итд. као да наслућује да је астрономско-математичка теорија Милутина Миланковића једино егзактна, а све друге не само дескриптивне, већ и у функцији првонаведене.

Даље, на стр. 313 своје књиге Миловановић дословно казује:

Доцније, када су скоро на безбројним местима утврђени несумњиви трагови ерозије старих глечера, Лајелова теорија дрифта¹¹ замењена је Тореловом “теоријом инландајса”.¹² Колективним радом многих генерација истраживача – геолога, географа, палеоклиматолога, астронома, преисторичара и др. реконстру-исане су границе до којих су ти ледници допирали и опште геолошке прилике које су владале за време великог леденог доба.

Границу вечног снега већ смо помињали у овом раду, а само подсећање да је за свако ледено доба Миланковић (1941) рачунао до којих се низина она спуштала, довољно речито говори на кога Миловановић све време мисли када износи претходно дати цитат.

Миловановићева књига “Тајанствена Земља” један је од највреднијих геолошких докумената писан на српском језику и штампан на прекрасном ћириличном писму које аутор овог рада поседује у својој приватној библиотеци. Иако је објављена тачно пре седам деценија, она ништа није изгубила од своје лепоте, а са извесним додацима, напоменама и актуелизованим објашњењима и дан данас би могла да представља незаменљиво читалачко и студентско штиво писано на научно-популаран начин. Њено ново, допуњено и прилагођено издање, посебно део о Атлантиди и геологији Балканског полуострва, намеће се као неминовна потреба и то је питање о којем аутор овог рада најозбиљније размишља.

¹¹ Чарлс Лајел (Charles Lyell, 1797-1875), британски адвокат и геолог, у свом делу “Принципи геологије” (Principles of Geology) из 1833. године прокламовао је да су се током фазе отопљавања одвајали ледени брегови и са собом носили крупне комаде стена који, када се одлажу на удаљена места, називају *тил* (till). За ситнији материјал или *лес* (loes) био је мишљења да је донет путем планинских река или плављењем терена после отапања.

¹² Ото Торел (Otto Torell, 1828-1900), шведски природњак и геолог, оборио је Лајелову теорију дрифта, дајући објашњење о постојању једног центра заглечеравања (скандинавски “инландајс”) за који је сматрао да је био дебео око 6.000-7.000m. Од тог центра ледник се ширио ка југу, освајао огромна европска пространства и са собом носио материјал који је у каснијој фази интергласације одлаган далеко од матичне средине. Ова теорија је дала логично образложење о несвакидашњим појавама или тзв. “ератичким блоковима” – огромним стенским громадама које су транспортоване далеко од свог првобитног места настанка.

Без икакве сумње може да се закључи да је Миловановић наведеном књигом трајно обогатио српску и науку и културу, а Миланковићу још у раној фази настанка његове теорије, исто као помињани Волфганг Сергел, признао заслуге које ће свет дефинитивно потврдити три и по деценије касније. Сам назив књиге за сва времена ће остати актуелан, јер и даље недовољно познајемо сопствену планету као и њене многобројне тајне. У то су нас на најбољи могући начин уверили скорашњи земљотреси из 2011. године на Новом Зеланду и Јапану када је живот изгубило више стотина људи.

Због свега тога и није на одмет поставити једно логично питање које ће неминовно морати да решавају будуће генерације: колико ли би се човек обогатио када би био у стању да користи већи део енергије коју поседује његова рођена планета или када би нашао начин да од свих тих постојећих енергетских облика трансформише, рецимо, само снагу земљотреса у било који облик корисности? Зато се и намеће закључак да је Миловановић, сагледавајући сву планетарну тајанственост, мислио и на будућност човечанства када је писао своју књигу, дакле, потпуно идентично размишљао као аргонаут небеске механике Миланковић, оличен у својим астрономским законитостима планетарног осунчавања.

НАПОМЕНА АУТОРА

Професор Бранислав Миловановић остао је у лепом сећању бројним генерацијама геолога, посебно оним који су код њега слушали предавања после Другог светског рата. Велика већина њих о њему се изузетно похвално изражавала, а на Катедри за регионалну геологију и палеонтологију Рударско-геолошког факултета у Београду и данас се чува успомена на цењеног професора који је дао светски вредан допринос у изучавању рудиста, плитководних морских шкољки које су живеле у јури и изумрле у креди. Зато је и прва Међународна конференција о рудистима одржана у Београду 1988. године, само једну деценију после његове смрти и била је њему посвећена.

Посебно вредан допринос професор Миловановић је дао заједно са Браниславом Ћирићем и Владимиром Горном када су уредили прву општу геолошку карту Србије. О професору Миловановићу највише је писао његов ученик, асистент и касније колега и дугогодишњи професор на Рударско-геолошком факултету Александар Грубић (Грубић, 1978). Једна конференција, посвећена новој глобалној тектоници и металогенији, одржана је у Београду на истом факултету 1974. године у његову част. Зборник радова са наведене конференције, такође, је њему посвећен. Сваке године на истом факултету младим и даровитим студентима додељује се Повеља проф. др Бранислав Миловановић, једна од ретких у нас у геолошким наукама.

Литература

- Berger A., Loutre M. F., Laskar J.: 1992, Stability of the astronomical frequencies over the Earth's history for paleoclimates studies, *Science*, **255**, 560-566.
- Blanchon P., Eisenhauer A.: 2001, Multi-stage reef development on Barbados during the Last Interglaciatio, *Quaternary Sci. Res.*, **20**, 1093-1112.
- Борић Д. и Димитријевић В.: 2007, Апсолутна хронологија и стратиграфија Лепенског Вира, *Старинар*, **LVII**, 9-55.
- Bonsall C., Cook G. T., Hedges R. E. M., Higham T. F. G., Pickard C., Radovanović I.: 2004, Radiocarbon and stable isotopic evidence of chietary changes from the Mesolithic to the Middle Ages in the Iron Gates, new results from Lepenski Vir, *Radiocarbon*, **46** (1), 293-300.
- Broecker W. S., Thurber D. L., Goddard J., Ku T. L., Mattwes R. K., Mesolella K.: 1968, Milankovitch Hypotesis Supported by Precise Dating of Coral Reefs and Deep-Sea Sediments, *Science*, **159** (3812), 297-300.
- Грубић А.: 1978, Др Бранислав Миловановић (1908-1977), "Радиша Тимотић", 1-83, Београд.
- Ku T.L., Ivanovich M. & Luo S.: 1990, U-series dating of Last Interglacial high sea stands, Barbados Revisited, *Quaternary Res.*, **31**, 129-147.
- Laskar J.: 1999, The limits of Earth orbital calculations for geological time scale use. In, Astronomical (Milankovitch) calibrations of the geological time scale (Shackleton, McCave, Weedon, eds.), *Phil. Trans. R. Soc. London*, Ser. A, **357**, 1735-1759.
- Ласкарев В.: 1938, Трећа белешка о квартарним наслагама у околини Београда, *Геолошки анали Балканскога полуострва*, **15**, 1-35.
- Milankovitch M.: 1920, Théorie Mathématique des Phénomènes Thermiques Produits par la Radiation Solaire, *Gauthier Villars*, Paris, 339, 7.
- Milankovitch M.: 1932a, Bahnkurve der säkularen Polverlagerung, *Math. Univ. Belgrade*, **I**, 129-133, Belgrade.
- Миланковић М.: 1932б, Секуларна померања Земљиних полова ротације, *Глас СКА*, **CLII**, 39-74, Београд.
- Миланковић М.: 1933а, Нумеричко израчунавање секуларне путање полова ротације, *Глас СКА*, **CLIV**, 3-38, Београд.
- Milankovitch M.: 1933b, Säkulare Polverlagerungen, V, *Handbuck der Geophysik* (B. Gutenberg, ed.), 438-500, Berlin.
- Milankovitch M.: 1941, Kanon der Erdbestrahlung und Seine Arwending auf das Eiszeitenproblem, *Konigliche Serbische Akademie*, Spez. Publ., No. 133, 1-633, Belgrad.
- Миланковић М.: 1997, Успомене, доживљаји и сазнања, Изабрана дела Милутина Миланковића, *Завод за уџбенике и наставна средства*, књ. 7, 1-934.
- Милићевић В.: 1997а, Научни рад Милутина Миланковића, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, **56**, 125-134.
- Милићевић В.: 1997б, Сјај звезде Миланковић, *Рударско-геолошки факултет*, Универзитет у Београду (монографија), 1-206.
- Милићевић В.: 1997в, Миланковићева нумеричка секуларна путања полова ротације и палеомагнетне трајекторије лутајућих путања, *Радови Геоинститута*, **34**, 49-65, Београд.

- Милићевић В.: 1997г, Корелација Миланковићеве нумеричке и геолошко-геофизичке путање полова ротације, *Друш. инж. и техн.*, III, 8-9 и 31-39, Нови Сад.
- Милићевић В.: 2000, Миланковић – прошлост, садашњост, будућност, *Клуб НТ*, 1-228, Београд. Милићевић В.: 2008, Разор обрађених њива (Есеј о Миланковићу), *Удружење “Милутин Миланковић” и 3VM Geo Ltd.*, 1-267, Бања Лука-Београд-Калгари.
- Милићевић В.: 2009а, Миланковићева крива осунчавања од максимума последње глацијације до почетка културе Лепенског Вира, Зборник радова “Развој астрономије код Срба V”, Београд, 18-22. IV 2008. (М. С. Димитријевић, уред.), *Публ. Астр. друш. “Руђер Бошковић”*, **8**, 355-376.
- Милићевић В.: 2009б, Миланковићев “крај света”, Зборник радова “Стваралаштво Милутина Миланковића” Даљ, 23-24. V 2008. (Ч. Оцић, уред.), *САНУ, науч. скупови СХХIV*, књ. 9, 223-234.
- Milićević V.: 2009v, Milanković's “end of the world”, Proc. VI Serbian-Bulgarian Astron. Conf. Belgrade 7-11 May 2008., (M.S. Dimitrijević, M. Tsvetkov, L.С. Popović, V. Golev, eds.), *Publ. Astr. Soc. “Ruđer Bosković”*, **9**, 79-90.
- Милићевић В.: 2011, Марсов кратер Миланковић, *Удружење “Милутин Миланковић” и 3VM Geo Ltd.*, 1-226, Београд-Калгари.
- Миловановић Б.: 1942, Тајанствена Земља – Геологија за свакога, *Југоисток*, 1-364, Београд.
- Миловановић Б.: 1949, Општа геологија, *Министарство рударства ФНРЈ*, 1-452.
- Olsen P.E., Kent D.V.: 1995, Milankovitch climate forcing in the tropics of Pangea during the Late Triassic, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **122**, 1-26.
- Срејовић Д.: 2001, Искуства прошлости, ТИА Janus и Ars Libri, књ. 10 (елек. издање) У, *Пројекат Растко, библ. Српска култура на Интернету (археологија)*, http://www.rastko.rs/arheologija/dsrejovic-beleska_c.html.
- Стевановић П.: 1979, Успомена на Милутина Миланковића научника и човека, Зборник радова “Живот и дело Милутина Миланковића 1879-1979”, Галерија САНУ, **36**, 53-78.
- Стевановић П.: 1999, Успомена на Милутина Миланковића научника и човека, У: *Изабрана дела Милутина Миланковића “Чланци, говори, пресписка”*, *Завод за уибенике и наставна средства*, књ. 6, 455-469.
- Shackleton N.J., Crowhurst S.J., Weedon G.P., Laskar J.: 1999, Astronomical calibration of Oligocene-Miocene time, *Phil. Trans. R. Soc. London, Ser. A*, 357, 1907-1930.
- Hays J.D., Imbrie J., Shackleton N.J.: 1976, Variations in the earth's orbit, pacemaker of the ice ages, *Science*, **194**, 1121-1132.

**BRANISLAV MILOVANOVIĆ ABOUT MILANKOVIĆ'S
CYCLE OF INSOLATION**

Professor Branislav Milovanović (1908-1977) wrote a book named “Mysterious Earth” (“Geology for everybody”) in 1942. year. He describes and interprets some interesting parts of Milanković’s cycle of insolation. Milovanović is one of the first Serbian geologist who understood Milanković’s theory, its influence on the planetary climate in the geological past, and mathematical/physical mechanism. In this paper we describe Milovanović’s ideas and his understanding of Milanković’s theory, mainly the frame of absolute rock age. The book “Mysterious Earth” is 70 years old, however, Milovanović’s physical explanations are still young, geologically and paleoclimatologically correct. We used several examples from Milanković’s diagram of insolation to illustrated Milovanović’s geological, paleoclimatological and planetary explanation of Milanković’s cycle of insolation.