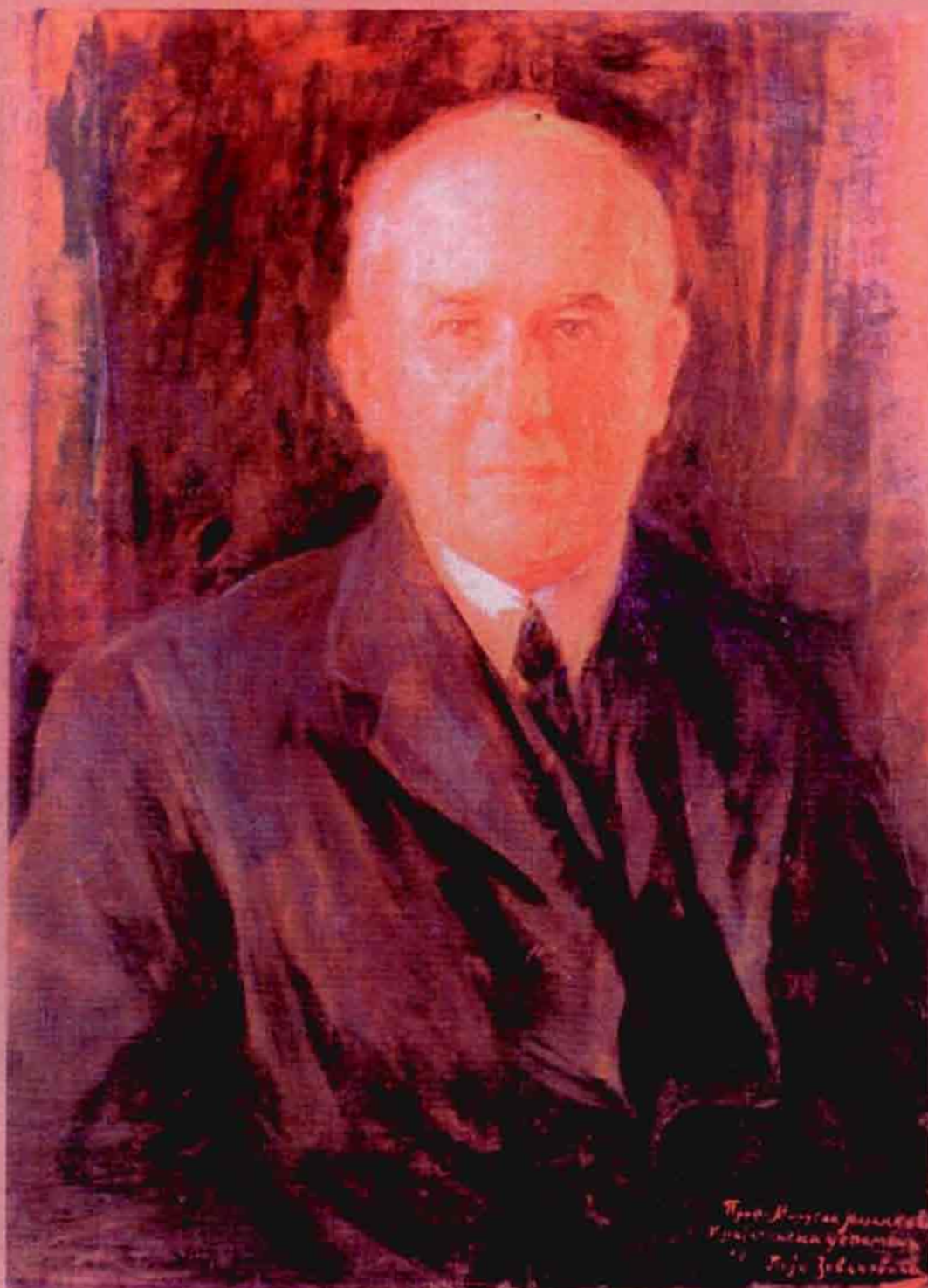


Симпозијум  
**МИЛАНКОВИЋ**  
- јуче, данас, сутра -



Симпозијум - Милан Кундера - јуче, данас, сутра -

120

година од рођења  
Милутина  
Миланковића

1879.

90

година од доласка  
на Београдски  
универзитет

1909.

60

година од почетка  
рада на  
*Канону осунчавања  
Земље*

1939.

*Београд, 1999.*

**Издавач**

*Рударско - геолошки факултет, Ђушина 7, Београд*

**За издавача**

*проф. др Зоран Петковић, декан*

**Главни и одговорни уредник**

*доц. др Владо Милићевић*

*проф. др Мирослав Старчевић*

**Редакциони одбор**

*проф. др Мирослав Старчевић*

*Александар Ђорђевић, ван. проф.*

*Ивана Васиљевић, дипл. инж.*

**Компјутерски слог**

*Ивана Васиљевић*

**Лектор**

*Вања Милићевић*

**Графичка обрада**

*Бранислав Адамовић*

*Неда Бундало*

**Штампа**

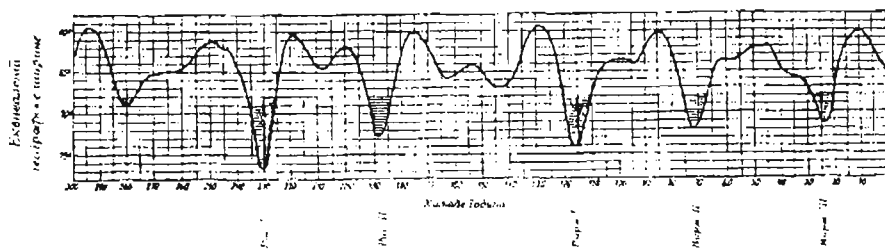
*Беопрес, Адмирала Вуковића 10, 11 000 Београд*

**Тираж**

*300 примерака*

Симпозијум  
МИЛАНКОВИЋ

- јуче, данас, сутра -



Рударско - геолошки факултет, Београд,  
25. и 26. новембар 1999.

## Организатори симпозијума

Рударско - геолошки факултет



Астрономска опсерваторија



### **Организатори**

Рударско - геолошки факултет, Београд  
Катедра за геофизику и  
Астрономска опсерваторија, Београд

### **Суорганизатори**

Савезни хидрометеоролошки завод  
Републички хидрометеоролошки завод  
Југословенско геофизичко друштво  
Геомагнетски институт  
Геоинститут

### **Покровитељи**

Одбор за геодинамику САНУ  
Одбор "Човек и животна средина" САНУ

### **Почасни одбор**

проф. др Бранислав Ивковић, министар за  
науку и технологију Републике Србије  
проф. др Нада Шљапић, министар за развој, науку  
и заштиту животне средине СРЈ  
проф. др Дејан Медаковић, академик  
проф. др Никола Пантић, академик  
проф. др Никола Хајдин, академик  
проф. др Стеван Карамата, академик  
проф. др Федор Месингер, академик  
проф. др Завиша Јањић, академик  
проф. др Ђуро Радиновић  
проф. др Драгољуб Стефановић  
др Милан Милојевић, ван. проф.

### **Научни одбор**

доц. др Владо Милићевић  
др Милан Димитријевић  
проф. др Мирослав Старчевић  
др Лука Поповић

### **Организациони одбор**

доц. др Владо Милићевић  
др Лука Поповић  
Тања Милованов  
Еди Бон  
Ивана Васиљевић  
Весна Лазендић  
Биљана Смиљанић



*Милутин Миланковић*

*(Даљ, 1879 - Београд, 1958)*

*грађевински инжењер, доктор техничких наука, професор Београдског универзитета, потпредседник Српске академије наука и уметности, научник који је математички објаснио настанак ледених доба, творац нове методологије у климатологији, отац климатског моделирања*

M. Миланковић (Канон осунчавања Земље)

Уроци промене осунчавања Земље изазване узајамним поремећајима планета леже далеко иза хоризонта дес-криптивних природних наука. Ефектна наука је имала задатак да својим законима који важе за целу васиону и својим израђеним математичким апаратом изрази описану шему. Дескриптивним природним наукама остав-љено је да утврде слабање те шеме са геолошким искуствима.



## САДРЖАЈ

	страна
Предговор .....	11
<i>Миодраг Томић</i> : Успомене на Миланковића .....	13
<i>Никола Пантић</i> : О феномену леденог доба - од Гетеа до Миланковића .....	17
<i>Ђуро Радиновић</i> : Могући фактори промена климе на Земљи .....	32
<i>Лука Поповић, Милан Димитријевић и Ненад Миловановић</i> : Милутин Миланковић - директор Астрономске опсерваторије .....	43
<i>Драгољуб Стефановић и Александар Ђорђевић</i> : Милутин Миланковић - визионар и родоначелник геофизике .....	52
<i>Небојша Протић и Никола Костић</i> : Повезаност педогенетских процеса код неких лесних профила Србије са астрономском теоријом Миланковића .....	63
<i>Владо Милићевић и Мирослав Старчевић</i> : Професори Миланковић и Ћулум - један исти поглед .....	75
<i>Слободан Марковић, Џорџ Кукла, Споменко Михајловић, Драгана Вујовић - Михаић, Јовица Јанковић и Млађен Јовановић</i> : Палеомагнетизам лесног профила Чот у Старом Сланкамену и Миланковићеви палеомагнетски циклуси .....	88
<i>Михаило Миливојевић</i> : Старост неких појава хидрогеотермалних ресурса Србије као показатељ климатских промена .....	101
<i>Душан Адамовић</i> : Једна фотографија .....	111
<i>Слободан Кнежевић и Драженко Ненадић</i> : Примена математичке теорије колебања климе Милутина Миланковића у стратиграфији .....	112
<i>Ненад Миловановић и Лука Поповић</i> : О једном документу из 1949. године .....	122

<i>Јелена Милоградов - Турин: Прилози за биографију Милутина Миланковића</i> .....	125
<i>Божидар Јовановић: Приоритет Уроша Миланковића у вези са утицајем Сунца на земљотресе</i> .....	144
<i>Милица Инђић: Заоставштина Милутина Миланковића у архиву Српске Академије наука и уметности</i> .....	150
<i>Миодраг Дачић и Зорица Цветковић: Небеска референтна основа и посматрања на Меридијанском кругу у Београду</i> .....	159
<i>Веселка Трајковска и Милан Димитријевић: Милутин Миланковић у издањима Астрономског друштва "Руђер Бошковић"</i> .....	167
<i>Радмило Петровић: Емблема из Радишана</i> .....	178
<i>Јован Курбалија: Најстарији записи Веда о циклусима климатских промена и открића Милутина Миланковића</i> .....	185
<i>Божидар Јовановић: Милутин Миланковић у "дугопериодичним глобалним варијацијама улазног соларног зрачења" од Ананду Д. Вернекара</i> .....	192
<i>Владан Дуцић: Поремећаји параметара ротације и савремена климатска колебања у Србији</i> .....	199
<i>Владо Милићевић: Медаља "Милутин Миланковић"</i> .....	209
<i>Радомир Ђорђевић: Миланковићева оцена феноменологије Михаила Петровића</i> .....	216
<i>Мирко Кутлача: Миланковић о Тесли</i> .....	221
<i>Споменко Михајловић, Александар Ђорђевић, Мирослав Старчевић и Владо Милићевић: Клима, време и Сунчеви циклуси или Есеј о Милутину Миланковћу</i> .....	233
<i>Владо Милићевић, Александар Обреновић и Мирослав Старчевић: Миланковић на Интернету</i> .....	248
Индекс аутора .....	257

## ПРЕДГОВОР

Симпозијум "Миланковић - јуче, данас, сутра" заједнички организују Рударско - геолошки факултет Универзитета у Београду и Астрономска опсерваторија из Београда у намери да се дело научника који је математички доказао периодизације настанка и развоја ледених доба и први поставио егзактне темеље једној научној области расветли у најширем обиму. Датим називом симболизује се универзалност и генијалност нашег научног великана чији домети се равноправно огледају у планетарном сагледавању догађаја из прошлости, рефлектују у садашњост и пројектују у будућност. Свестраном мислиоцу, коме су научни узорци били антички гиганти Питагора, Демокрит, Еуклид, Аристарх, Архимед и други, ренесансни утемељивачи хелиоцентричног система Коперник, Галилеј и Кеплер и, најзад, геније који је својим законима обухватио целу васиону оличен у имену Исака Њутна, овом приликом одајемо дубоку захвалност за све оно што је учинио у корист свога народа. Истовремено овим обележавамо троструки јубилеј:

- 120 година од његовог рођења,
- 90 година од доласка на Београдски универзитет и
- 60 година од почетка рада на капиталном делу *Канону осунчавања Земље* које је штампано само четири дана пре бомбардовања Београда 1941. године.

Живот и дело Милутина Миланковића дубоко одсликавају један од најсветлијих периода у развоју српског народа, време када су национални занос и свест били не само далеко изнад интереса појединаца, већ и време колективног препорода и самосвести значаја тих збивања. Нису само ратови на балканском тлу доносили слободу једном вековно поробљеном народу; чинили су то исто сви они којима су алатке биле просвећеност, знање, наука, уметност. Време Миланковићеве научне зрелости истовремено је зора нове грађанске државе која је, између осталог, изнедрила величине као што су Петровић, Петронијевић, Цвијић, Лозанић, Мокрањац и други.

У Миланковићу су симболизоване две поларизоване стварности: свеобухватност дела и знања и негација вредности. Колико Миланковић прожима и обједињује различите научне области потврђује низ примера, а нама нека овом приликом послужи садржај симпозијума и свеобухватност тема. Заступљене су различите дисциплине, почев од филозофије као најстарије и основе свих наука па све до најмлађих, оних којима је темеље поставио Миланковић у двадестом, а чије ћемо стварне димензије разоткривати тек у наредном веку. Од Сунца и Сунчевог система па све до језгра Земљиног, од астрономије до геологије, од небеске механике до циклостратиграфије путеви су различити, проблеми разнородни, а погледи најхетерогенији. Зато и није велико изненађење што се о Миланковићу, његовом делу и савременим пројекцијама може сазнати из пера, компјутера, а можда и компакт диска једног метеоролога, геолога, астронома, геофизичара, географа, историчара, истраживача дела великих научника, библиографа.

Негација Миланковићевог дела је болан период у развоју његове теорије и, на сву срећу, трајно власништво прошлости. Савремени рецидивни су толико усамљени да их не наткриљује само *Канон* својим грандиозним плаштом, већ и све друге пројекције које су из њега проистекле, а са којима се сусрећемо практично свакодневно. Троструки јубилеј, овај симпозијум и зборник радова нису само Миланковићева победа - то је истовремено пут у свет и по свету који је Миланковића пригрлио као рода најрођенијег и већ више од двадесет година интензивно користи сву благодат његовог знања. Ни српском роду не предстоји ништа друго до исти такав пут.

Миланковићев патриотизам и пут супротан свим савременим путевима којима се данас крећу млади тек стасали стручњаци ове земље показује да ово неисцрпно врело, када се оплемени правим односом према раду, постаје узор за све људе, без обзира на ком делу планете живели. Наш планетарни ствараоц је толико далеко отишао и толико свеобухватно размишљао да и није чудно што га многи нису разумели или чак многи мање вредни процењивали и о њему доносили "меродаван" суд.

У Миланковићу је сублимовано сво време овог народа, оно од јуче, ово садашње и оно сутрашње. Поникао на коренима српства, носио је ту бакљу на најчаснији начин и поред свег зла што се око њега рађало, ширило, нестајало и поново рађало. Миланковић је у тој мери савремен да су и последњи догађаји када је тај исти његов народ нападнут од најмоћнијих са ове планете призиван да поред једног Тесле, Пупина и Мике Аласа учини све за његов спас. Првобитна намера да се скуп организује 28. маја 1999. године, на стварни дан Миланковићевог 120-тог рођендана, није могла бити остварена, јер је његова земља у то време била засипана хиљадама тонама смртоносног експлозива. Исти су то чинили 1941. и 1944. у његово време, исти то чине и 1999. године.

И поред свега, Миланковић је трајно светско богатство.

Овај симпозијум не претендује да у потпуности разоткрије његов допринос у науци, већ настоји да превазиђе јубиларна подсећања и постане нешто за шта би требало да се каже да је перманентна веза са научником, било да је у облику остевљавања или настављања његовог дела. Надамо се да ћемо у овоме имати подршку и других стручњака који овом приликом нису дали свој допринос из сигурно оправданих разлога.

Организациони одбор



Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 13 - 16, Београд

## УСПОМЕНЕ НА МИЛАНКОВИЋА

Миодраг Томић

САНУ, Кнез Михајлова 35, Београд

Негде око 1930. године први пут сам видео Милутина Миланковића. Као гимназијалац познавао сам његовог сина који је био две године млађи од мене.<sup>1</sup> Похађали смо исту школу: београдску реалку код Калемегдана, а упознали смо се преко његовог рођака и мог најбољег школског друга. Тих година професор Миланковић је био у испитним комисијама за звање професора. Долазио је у нашу школу као члан комисије из педагошког дела испита за наставу математике.

Миланковић је желео да види како будући наставници приказују ново градиво. Када би наставник успешно објаснио нову лекцију, био је задовољан. У то време нисмо имали наставнике код кућа, а ни помоћи са стране. Уколико бисмо схватили новину, тада је Миланковић говорио директору школе и наставнику:

*Треба привући пажњу, треба показати пут до решења. Неколико покушаја и ђак може заволети математи-*

*ку. Треба ученика заинтересовати за решење проблема, тада ће ђак сам тражити решење...*

На часовима небеске механике слушао сам Миланковића на ондашњем Филозофском факултету од 1933 - 1935. године. Касније сам сазнао да је свако предавање унапред детаљно припремао. Из наших бележака могао се направити мали курс. Часови рационалне механике и астрономије увек су били праћени историјским развојем науке. Он је умео да нагласи пут до значајних открића, а често и да наведе тешкоће на путу до решења. Понекад је указивао на литературу, па и на најновије радове - био је то курс на највишем нивоу.

Миланковић је излагао и основе науке, а не само просте чињенице. Једном приликом рече неком студенту на испиту:

*То што не знамо ја и ви из механике није ни битно, али што не знамо за огледе Галилеја а учимо небеску механику, то показује да смо залутали у нашу науку.*

<sup>1</sup> Василије (Васко) Миланковић родио се у Будимпешти 25. 12. 1915. године.

Једном приликом је, заменивши професора В. Мишковића из астрономије, испитивао једну студенткињу. Скоро да је знала све из тог предмета. Упитао је колико има астероида, а она рече број за који се већ знало пре једног века. На то Миланковић мирно рече:

*Видим да сте учили нешто раније, још у почетку ваших студија.*

Упознао сам ближе професора Милутина Миланковића у Математичком институту Српске академије наука. Он је био један од оснивача Института 1946. године. У кругу тог Института били су и професори: Б. Гавриловић, Н. Салтиков, А. Билимовић, Р. Кашанин, В. Мишковић, Ј. Карамата, Т. Анђелић и други наши научници. Када сам га опет видео после толико година, он се променио, али је задржао господски изглед из ранијих дана. Некадашњу веселост и живахност је задржао као и осмех и лагани ход. Некад елегантан као бечки господин из старих дана, што сл. 1 добро приказује, задржао је до тада, ни протекло време га није могло променити. У младости, кажу, био је дарежљив и није штедео, имао је скоро равнодушан став на догађаје које је преживео. Увек је изгледао безбрижно, а духовитост га није напуштала. Мењао је изглед, али не и карактер. Миланковић је скупљао нова знања, а чувао стара искуства.

Ми смо радили у Семинару и Библиотеци Института САНУ-а од 1948 - 1952. године. Миланковић је долазио код нас око поднева. Скоро увек је присуствовао седницама нашег Института, понекад се задржавао и у клубу академије. На седнице је доводио и Ивана Ђају и Брану Петронијевића. Слушали смо Ђајине успомене о Михаилу Петровићу и старом

Београду и Петронијевићев приказ развоја Лобачевскијеве неевклидовске геометрије. Било је задовољство слушати њихове коментаре и објашњења.

Тек из разговора са Миланковићем у Институту схватили смо да је научно био усамљен у Београду. Теоријску математику је волео, али само као средство за објашњење природних феномена. Теоријски математичари су налазили у његовим радовима мало нових математичких идеја и сматрали су да су његове теоријске апроксимације грубе, а са друге стране, географи, климатолози и геолози налазили су код њега само чисту математику коју нису схватили.



Сл. 1. Милутин Миланковић у време студентских дана у Бечу (око 1900. године).

Миланковић је био у праву. Он није био теоријски математичар ни природњак у ужем смислу - он је био геофизичар. Његов научни рад се простирао у више граничних области ге-

офизике. Данас схватимо да његово главно дело *Канон осунчавања Земље* садржи глобални проблем који се не тиче једне области, већ је у његовој основи математичка подлога, али и рационална механика, небеска механика, термодинамика, оптика и динамичка метеорологија. Тај проблем је у сагласности свих идеја требало да да резултат који би испитивањима био потврђен. Само синтеза свих појединих изолованих резултата подржава његову теорију.

Миланковић никада, како је говорио, није тежио такмичењу, великом броју радова нити површним резултатима. Није волео ни ценио прелиминарне резултате. Усамљен, како је рекао, осетио се охрабреним тек када би његове идеје прихватили други, позната имена као што су били В. Кепен и А. Вегенер. Тек временом његове резултате прихватају многи научници из других области, не само из геофизике. Његово име постаје познато и многи очекују нове резултате. Он жели и даје дефинитиван смисао свом делу у облику *Канона осунчавања Земље*. У томе се разликовао од бројних научника који су губили снагу на детаље, ситне радове, безвредне или радове различитих вредности као и оних који су често напуштали главни проблем.

Миланковићево животно дело морало је да чека нове провере. Код великих научника потпуно признање постаје посмртно. Некада је Миланковић тражио потврду својих резултата код других аутора, данас нови нараштаји заснивају радове на његовој теорији. Хипотеза је прерасла у теорију, а теорија у нова истраживања. Трајно дело отвара даљи развој науке.

После толико година још се сећам његових речи изговорених у Инсти-

туту: *Ја тај проблем могу решити и ја ћу га решити!*

Тек касније сам ту просту истину схватио. Толико покушаја чинимо на решење неког проблема, а не видимо да он превазилази наше снаге и моћи и колико после првог неуспеха долази до малодушности. Миланковић је ишао својим путем сигуран и убеђен у успех после дугог размишљања о изабраном проблему. Он је исправно проценио не само тежину проблема, већ и средства за његово савлађивање. Имао је и знања и увид у стручну литературу. Није трагао за онима који би пратили његов рад и подстицали га. Таквих људи није било у Београду, али се зато једна школа стварала у Аустрији и Немачкој, а он је међу њима био први. Постао је један од сталних сарадника часописа који прати проблеме геофизике. Миланковић је и члан уређивачког одбора часописа *Gerland Beiträge zur Geophysik*. Његови противници (међу њима и чувени географ А. Пенк) полако прихватају његова схватања, а међународна признања долазе као потврда исправности његове теорије.

Миланковић је волео и интересовао се за теоријску математику. У сећањима и успоменама говорио је о великом напретку егзактних наука. У нашем раду видео је разлике наших покушаја и свог некадашњег рада. Причао нам је да је увек имао представу о целини, док смо ми решавали уске проблеме. Нас је водила утакмица наших радова, а њега систематско истраживање природног феномена. Сматрао је да многи прецењују своју област, јер не познају друге, да величају само сопствене резултате.

Када смо повели разговор о небеској механици, изразио је дивљење

Пенлевеовом открићу значаја судара два тела. Пенлеве је указао на чињеницу да када нема судара два тела да то повлачи и регуларност решења општег проблема трију тела, да то показује право објашњење. Без тих услова или чисто математичко решење не води јединственом решењу. Говорио нам је и о Сундмановом решењу проблема трију тела само као потврду интелектуалних напора, док су астрономи и даље користили емпиријске законе небеске механике. Миланковић је у својим предавањима говорио и о Поенкареовим новим методама небеске механике и његовим открићима. На свом истраживачком путу Поенкаре је пронашао и нове области математике.

Развој нових области био је повод за један стари проблем из небеске механике. Исто тако, Миланковић је истицао и велике експерименте који изазивају нова теоријска размишљања и која понекад доводе у сумњу теоријске поставке. Један такав оглед био је подстицај за теорију релативности.

Последње успомене Миланковић је посветио коренима егзактних наука. Нарочито је говорио о новим открићима и о њиховим творцима и о све већем броју научника и њиховим ра-

довима који су се умножили и преплавили многе науке. Навео је речи једног великог научника:

*Научно дело које надживи свога творца је трајно дело, све остало је губљење времена.*

Али сетио се и оних строгих оцена и поручио нам да човек који уђе у науку заробљен је, живи и бори се до краја. Ми скупљамо и мале ствари, градиме стазе и путеве који нас воде ка циљу и, најзад, после свих напора неко до њега и дође. Изградња научног здања почиње од темеља и многи незнани у томе учествују. Науке почињу и са малим претпоставкама и једна другу допуњавају. Навео је тада чувене Кантове речи:

*Целокупно сазнање почиње са опажањима, иде ка појмовима и завршава се идејама.*

Миланковићеве идеје су се полако развиле, сазревале и отелотвориле у трајни споменик, у историји Земљине прошлости, у Канону осунчавања Земље и примени у проблему ледених доба. Дело је надживело свога творца, а његово име остало је у науци.





Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 17 - 31, Београд

## О ФЕНОМЕНУ ЛЕДЕНОГ ДОБА - ОД ГЕТЕА ДО МИЛАНКОВИЋА

Никола Пантић

САНУ, Кнез Михајлова 35, Београд



"Природа не открива своје тајне  
одједном и свима"

Сенека

Антропогено ледено доба, данас се поуздано зна, за разлику од веома дугих периода геолошке историје који су му претходили, карактерише изузетно честа промена еколошких прилика које су биле основни фактор убрзаног развоја природе и успона човека на Земљи. Дуго су праве истине о Леденом добу биле прекривене велом тајни које су постепено откриване, углавном у минулих 200 година - од Гетеовог до Миланковићевог времена.

Да би се на основу свих савремених знања схватио стварни однос савременог човека и природе нужно је располагати целовитом сликом развоја свеколике природе од њеног настанка до данас, са дефинисаним, стварним местом човека у њој, као и са јасно сагледаном функцијом природног у човеку. За склапање једне

овакве истините слике света, за разумевање њеног смисла, неопходно је *распоредити сва релевантна знања о развоју природе и човека по редоследу њиховог настанка и трајања у времену*. Ово је изузетно важно, јер из угла посматрања само једног кратког људског живота, нарочито људи недовољно упућених у релевантна научна сазнања, целокупан ток и динамика историје природе остају неразумљиви, па природа појединцима изгледа *непроменљива и вечита*. Ни *историјско време* (које се ограничава првим писаним документима) не може нам много помоћи у разумевању веома старих промена у природи. За боље разумевање ових промена не може нам довољно помоћи ни *археолошко време*. За археолога је историјско време само делић, кратки исечак огромног археолошког времена које траје 350 000

година, како је то говорио познати археолог Драгослав Срејовић (1931-1997), који је открио културу Лепенског Вира стару 8 000 година. Али треба истаћи да је и то археолошко време само делић *дугог геолошког времена* - које по садашњим сазнањима траје скоро 5 милијарди година. Можда је то најбоље разумео мудри владика Николај када је записао: "Наша историја је епизода у историји њеној (Земљиној), као што је њена историја епизода у историји васионског коловрата".

Међутим, треба знати да упоредо са трајањем сваког људског живота, протичу и сва друга наведена времена. Сликвито, ово треба замислити као вишесферну руску лутку - бабушку - једно је у другом. Највећа сфера - "бескрајно дуго време" - гигантског космоса у коме протиче "занемарљиво сићушно време" - трен, трајање једне људске индивидуе. Ради се о времену унутар *Универзалног космичког времена*.

Није стога ни чудно што су људи тешко долазили до истинитих спознаја о стварном односу човека и природе, о настанку и историји природе а посебно до сазнања о правом, истинском месту човека у њој, и јасном функционисању природног у човеку, као и о међузависности природног и духовног.

Значи треба отворити лепезу *геолошког времена* у које је могуће сместити све протекле природне догађаје на Земљи, који су у својим веома касним фазама постојања изнедрили човека.

За коперникански обрт у схватању времена, за напуштање дотадашњег догматског схватања, најзаслужнији је гроф Бифон (Georg Luis Leclerk, 1707- 1788) који је у својој вишето-

мној "Историји природе" веома аргументовано, посебно за време у коме је живео, наговестио исправан пут даљих истраживања развоја природе на Земљи, а посебно настанка њене садашње велике разноврсности - биодиверзитета. Колико је својевремено јак утицај имала ова Бифонова монументална "Историја природе" може да послужи и чињеница да је генијални владика, кнез Црне Горе - Његош (1813-1851), свој филозофски спев "Луча микрокозма" написао инспирисан Бифоновом "Историјом природе" и његовим геолошким временом.

Велике идеје су инспиративне. Није стога необично што су се врло брзо после открића геолошког времена почеле да јављају и друге, све аргументованије, идеје о развоју. Лајелови (Charles Lyele, 1797-1875) "Принципи геологије" донели су, поред много нових геолошких сазнања и јасно постулирано схватање о развоју природе у веома дугом времену. Дарвин (Charles Robert Darwin, 1809-1882) оснивач учења о развоју је по сопственом казивању идеју прихватио од геолога Лајела. Иначе треба и то знати, Дарвин никада није употребио реч еволуција, а данас се најчешће означава као творац теорије еволуције. Ово наводимо зато што ће и у казивању о Леденом добу бити речи о једној сличној историјској непрецизности, или неправди, занемаривања приоритета у важним научним открићима.

Ова прва сазнања о историји природе на Земљи су подстакла интензивно сакупљање фосила и других драгоцених палеонтолошких докумената широм Европе. Крајем XVIII а нарочито у XIX веку формиран је велики број Природњачких музеја. Обогаћене су збирке у којима се

нагомилавају хиљаде и хиљаде фосила и стена што је омогућило да слика - представа о укупном развојку овоземаљског света временом постане све истинитија и целовитија. Врше се и геолошка осматрања на терену која често откривају и неке нове чињенице које дуго времена остају необјашњене. Међутим, постепено, захваљујући луцидним посматрачима тајне природе бивају све успешније откриване. Очигледно је овакав развој људског сазнања предвидео Сенека када је записао: "Наступиће време када ће брижљива истраживања рађена кроз дуга раздобља изнети на светлост дана оно што сада лежи скривено".

Време брижљивог истраживања једног изузетно специфичног и значајног феномена, из најмлађих периода геолошког времена, који је имао велики утицај на развој људске врсте, започео је веома успешно пре око 170 година Ј. В. Гете а узроке настанка овог периода је потпуно објаснио М. Миланковић, тек пре око 60 година. Ради се о феномену Леденог доба.

Неко је рекао: " Велики духови се срећу!" Ако не другачије, ако су живели у различитим раздобљима историје, онда се срећу на решавању истих тајни природе. Једна од великих тајни историје природе био је феномен Леденог доба - у коме је настала и развија се људска врста чији успон, уколико се људи измене и успешно ускладе своје битисање у оквиру природе, може по трајању да надмаши и трајање самог Леденог доба.

#### АНТРОПОГЕНО ЛЕДЕНО ДОБА

Велики блокови страног порекла, нарочито чести у равничарским преде-

лима северне Немачке, одавно су привлачили пажњу истраживача. Посебно што је релативно брзо утврђено да су ти тзв. "ератични блокови" пореклом из Скандинавије. И Ч. Лајел је био заокупљен тумачењем порекла ових необичних блокова стена. По његовој теорији некадашњи високи ниво мора који је плавио северне равничарске делове Европе носио је у великим пловешким леденим бреговима уклопљене скандинавске стене. Отапањем леда испадале су ове стене широм пространих делова северне Европе.

Доцније (1837), Швајцарац Л. Агасиз (Louis Agassiz, 1807-1873) исправно је објаснио да је у време хладне климе (Леденог доба) северну Европу покривао дебео слој леда (Инландајс) који је, крећући се полако ка југу у Скандинавији, откидао тамошње стене и преносио их у Европу. Овом теоријом Агасиз је стекао велику славу. Једно време је био и професор на Харварду, када је и у Америци проучавао трагове Леденог доба. Данас скоро сви уџбеници геологије Агасиза сматрају оцем теорије о Леденом добу. Међутим ово, по садашњим сазнањима, није тачно. Стварни примат на ауторство о Леденом добу припада генијалном Гетеу. Истини за вољу треба рећи да је Агасиз забележио у уводу свог главног дела о Леденом добу да је Гете у својим песмама писао и о Леденом добу. Да ли је тако? Пођимо редом:

#### ГЕТЕ ПРВИ ИСПРАВНО ОБЈАШЊАВА ПОЈАВУ ЛЕДЕНОГ ДОБА

Гете (Johan Wolfgang Goethe, 1749-1832), генијални немачки песник и велики универзални дух, оставио је за собом огромно књижевно дело

(Херман и Доретеја, Ифигенија на Тауриди, Фауст; путописе: Италијанска путовања, Кампања у Француској и др.). За нас је значајно да је познавао Вука Караџића и да је, одушевљен нашом народном поезијом, неке од песама преводио на немачки. Превео је на немачки и Хасан-агиницу. Деловао је свестрано (радио у позоришту, био министар), али мање је познато да је радио и у Вајмарском Природњачком музеју, у коме је добијао инспирације и за своја литерална дела (Мефисто, Демони и др.) Писао је и расправе из природних наука (нпр. "Идеје о филозофији историје човека"). У вези са овим интересантно је и његово мишљење о томе шта је свето: *свето је оно што многе душе држи заједно - хармонија!* Гете је у својим радовима заступао идеје које ће заживети тек више деценија после њега. Тако је, сасвим јасно, пре Лажела и Дарвина заступао мишљење о поступном развоју у природи. Писао је: *"Природа није статична, у себи садржи поступан развој, једно из другог настаје... Сунце држи нашу Земљу и све органско зачиње, ствара и покреће. Људи су браћа животиња. ...Пут у стварању није затворен"*. Гетеова генијалност није могла у другој половини XVIII века да порази Хердеров, Хекелов, Вирховљев и друге научне ауторитете, али баш због тога се треба враћати овим првим визионарским продорима Гетеовог духа. Он као да је и сам схватао о чему се заправо ради: *наслућивао је да су његова размишљања природна реакција на 2 000 година старе догме да тело од душе, материју од духа треба одвојити. Сматрао је да дух и тело чине јединство и да треба проучавати како је до тог јединства дошло у току историјског развоја природе. Међу многобројним заборављеним радовима о природи и њеној историји који су затамњени монументалним литерарним опусом генија-*

лног песника, најчуднију судбину су имали његови радови о Леденом добу. Као да су потпуно игнорисани, иако је Гете пре Агасиза (1837) и Шарпантјеа (1841) у својим радовима а и *pismima* (von Preen i von Hoff) први - на прави начин дефинисао феномен Леденог доба. Може се рећи да је у ствари Гете први изрекао идеју да је транспорт ледом у једној епохи велике хладноће одговоран за два феномена:

1. Појаву гранитских блокова у централним Алпима, који се и данас налазе на обали Женевског језера и
2. Појаву скандинавских стена распрострањених у северној Немачкој и Тирингији и на другим местима средње Европе. Оно што посебно треба истаћи је Гетеова сасвим јасно исказана идеја о појави велике количине леда у време једног хладног временског периода: "За много леда потребна је хладноћа, због чега претпостављам једну епоху велике хладноће која је најмање преко Европе прелазила" (Гете, 1829).

Није јасније могла да се исказе идеја о Леденом добу, посебно ако се она посматра у контексту других Гетеових раније наведених идеја о развоју. Очигледно је Гете био визионар - природњак који је већ тада говорио о Сунцу које "све органско зачиње, ствара и покреће". Значи феномен Леденог доба је од стране Гетеа тачно идентификован - требало је још објаснити и узроке овог феномена.

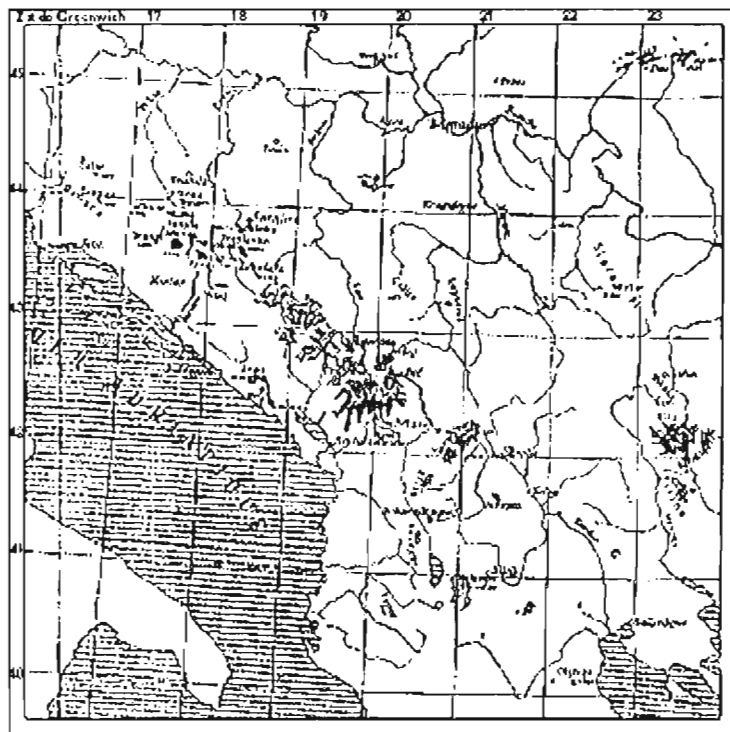


У другој половини XIX века постојање изузетне природне појаве, изра-

жене великом хладноћом у касним периодама геолошке историје било је јасно дефинисано. Требало је открити просторе у којима је ова појава у геолошком времену била присутна. Геолози су широм света трагали за траговима Леденог доба, у првом реду за моренама, траговима ледничке ерозије, цирковима и ледничким валовима.

Тако су, нпр., захваљујући свестраном и проицљивом научнику Јовану Цвијићу откривени трагови Леденог доба и на Балканском полуострву. "До 1890 године сви природњаци истраживачи Балканског полуострва тврдили су да на њему нема трагова

дилувијалних ледника и да се према томе на њему није изразила Ледена периода, као у Алпима и у северним европским земљама", пише 1924. године Ј. Цвијић. Од тога времена је систематским осматрањима високих планинских предела Балкана Цвијић веома детаљно препознавао трагове Леденог доба на њима. Најдужи и најдебљи ледници су се, по Цвијићу, налазили на Проклетијама и на Дурмитору. Изгледа да је ледник са Орјена силазио до мора у Боки. Цвијић је обавио гигантски посао идентификујући већину трагова Леденог доба на Балканском полуострву (сл. 1).



Сл. 1. Глацијални трагови на Балканском полуострву.

Штета што после Цвијића није било истраживача који би се интензивније бавили проучавањем трагова овог значајног природног феномена на Балкану.

Геолози у Европи и Америци деценијама истражују трагове Леденог доба. Постепено се слика о Леденом добу све више употпуњује. На основу међусобног односа морена разли-

чите старости, домета њиховог распрострањења и других карактеристика издвајају се у оквиру Леденог доба углавном четири глацијације: у Европи су то Гинц, Миндел, Рис и Вирм. Тако чувени српски географ Ј. Цвијић на планинама Балканског полуострва, на југу Европе, препознаје слабе трагове Риске и највише заступљене Вирмске глацијације.

Међутим нова истраживања нису донела очекивани напредак. Као да су истраживања Леденог доба запала у својеврсну кризу. Недостајали су подаци којима би се могла одредити њихова тачна хронологија а и узроци настанка ни у глобалу нису били на задовољавајући начин објашњени.

#### МИЛАНКОВИЋЕВА КРИВА ОСУНЧАВАЊА ОБЈАШЊАВА УЗРОКЕ НАСТАНКА ЛЕДЕНОГ ДОБА И ОДРЕЂУЈЕ ХРОНОЛОГИЈУ ЦИКЛИЧНЕ СМЕНЕ ГЛАЦИЈАЛНИХ И ИНТЕРГЛАЦИЈАЛНИХ ПЕРИОДА

У мозгу генијалних људи рађају се идеје које у науци отварају нове видике, представљају кључ за решавање нагомиланих проблема а често откривају и полазне основе за развој нових области науке. Једна таква идеја рођена је у глави Милутина Миланковића. Имагинација М. Миланковића истрајно је следила његову основну мисао, да су климатске промене на Земљи последица законитих промена у небеској механици, које условљавају цикличне промене интензитета осунчавања Земље. Он је, разрађујући ову идеју, значајним коришћењем свог великог математичког знања, систематским и муко-трпним рачунањем дошао до своје теорије ("канона") осунчавања Земље, сажето приказане у његовим, данас опште познатим "циклусима осунчавања" у геолошком времену.

У својој теорији Миланковић је пошао од две основне претпоставке:

1. да клима на Земљиној површини зависи, у првом реду, од интензитета осунчавања, односно од количине Сунчеве енергије коју поједини делови Земљине површине примају од Сунца и

2. од чињенице да је интензитет осунчавања Земљине површине у глобалу, *променљива категорија* у геолошком времену, која зависи од променљивог растојања и положаја Земље према Сунцу.

Пошавши од ове основне идеје Миланковић је утврдио три основна астрономска елемента који регулишу сталне промене интензитета осунчавања Земље, па зависно од тога и промену климе кроз геолошко време (периодичне промене положаја Земљине осе, ексцентритета Земљине путање и нагиба еклиптике).

Миланковић је, пратећи "секуларне" промене ових астрономских елемената, израчунао и графички приказао количину осунчавања коју су различити региони на Земљи примали у геолошком времену. Прва оваква крива осунчавања обухватала је минулих 650 000 година. Треба нагласити да је ово омогућило геолозима да први пут своја истраживања догађаја у Леденом добу ослоне на једну тачну хронологију. Треба такође напоменути да су ова Миланковићева истраживања наишла на снажну подршку Кепена и Вегенера, који су Миланковићеве прорачуне објавили у својој познатој књизи "*Die Klimate der Geologischen Vorzeit*" (Берлин, 1924). Уопште Миланковићева сарадња, нарочито са геологом Вегенером, идејним творцем модерне геологије била је веома плодносна.

Треба поновити: "велики духови се срећу".

О томе шта је све произашло из Миланковићеве криве осунчавања, писао сам у више наврата (Предговор Изабрани радови М. Миланковића I том, 1997; М. Миланковић илустрована монографија 1998, итд). Овом приликом треба указати на једну веома значајну компоненту његовог рада, односно његових циклуса осунчавања, за развој филозофије о "настанку и историји човека" (Гетеова тема!). Није на одмет поменути да је Миланковић био обожавалац Гетеовог стваралаштва - нарочито се дивио његовом "Фаусту".

МИЛАНКОВИЋЕВ КАЛЕНДАР  
(ХРОНОМЕТАР) ОСУНЧАВАЊА  
ОСНОВ ИСТИНИТОГ ТУМАЧЕЊА  
ХАРМОНИЧНОГ РАЗВОЈА ЖИВОТНЕ  
СРЕДИНЕ И ПРИРОДНОГ И  
ДУХОВНОГ У ЧОВЕКУ ЗА ВРЕМЕ  
ЛЕДЕНОГ ДОБА

Многовековно искуство бројних народа изнедрило је и један, у трагању за истином, неопходан аксиом: ко жели да разуме садашњост и планира будућност мора да упозна прошлост. Тога је био свестан и наш рано преминули археолог Драгослав Срејовић, који је тврдио да за упознавање прошлости није довољно историјско време и зато се залагао да "интелектуалци треба више да послушкују *археолошко време* које нас учи бар једној мудрости: "да будемо стрпљиви, широкогрудни и племенити..."

Чини се, међутим, да Миланковићева хронологија климатских догађаја за време Леденог доба, још целисходније служи упознавању свеукупне прошлости, јер се као и сви егзактни календари, ослања на веома

прецизне циклусе космичких догађаја. Ово треба допунити и мудрошћу Рафаела Аргуљала који тврди да "само ван свог терена" можемо да дођемо у додир са оним скривеним истинама које иначе саме по себи у нама не могу "испливати на површину" а без којих се не може градити истинита, целовита слика света. Миланковићева хронологија Леденог доба омогућава нам да лако реконструишемо слике "терена" који су се на Земљи циклично смењивали у геолошком времену са човеком и његовом животном срединам у току милион година (сл. 2).

Миланковић је својом, сада већ опште прихваћеном теоријом осунчавања, утврдио две битне чињенице за даља успешна тумачења развоја природе и човека"

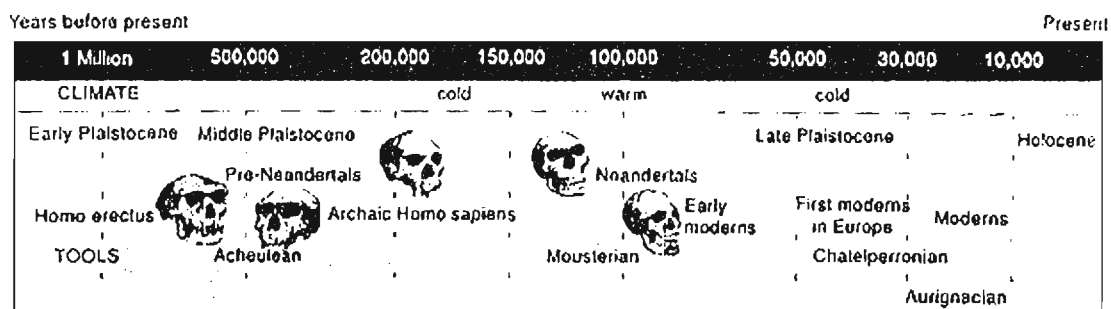
1. дефинитивно је потврдио перманентну зависност догађаја у природи од осунчавања у току геолошког времена (односно Небо - Земља), у коначној верзији своје криве - за милион година и

2. одредивши циклусе и интензитет променљивости осунчавања у Леденом добу поставио је тачан хронометар за климатске промене на Земљи. Тиме је омогућио да се са много више тачности егзактно, као у својеврсном астрономском календару, могу разврставати у времену досадашњи и будући резултати истраживања фосилних биљака и животиња, али и развоја и успона људске врсте за време Леденог доба.

Очигледно је Гете у праву када каже "Видимо оно што знамо". Данас на сасвим нови начин видимо настанак и развој људске врсте, јер су последњих деценија наша сазнања обогаћена стотинама нових налази-

шта фосилних остатака људи. Сигурно је да ће се убудуће пронаћи и други драгоцени документи о развоју човека и његових оквира живо-

та. Вредност ових истраживања биће вишеструко увећана јер ће се они захваљујући Миланковићу, моћи успешно да датирају.



Сл. 2. Развој људског рода у последњих милион година геолошког времена. На развој су снажно утицале честе драстичне климатске промене: у севернијим регионима су се смењивали хладни глацијални и топлији интерглацијални периоди, а у јужнијим регионима су се синхроно смењивали периоди суве и влажне климе. Овакве климатске промене су снажно деловале на цикличну, релативно брзу смену оквира живота (флора, фауна и др.).

Поникли у новонасталој еколошкој ниши - савани, пре више од 3 милиона година, научивши да размењују информације (прве речи - логос) преци човека зачели су свој духовни развој. То им је омогућило да се шире по целој Земљиној кугли у скоро свим климатским појасевима, јер су се домишљатошћу, за разлику од других животиња, успешно прилагођавали на животне услове за које нису били припремљени само на основу својих природних особености. Ледено доба са релативно брзом сменом топлих и хладних периода у истим подручјима, имало је подстицајну функцију. Стална промена услова - "оквира живота" била је перманентан изазов за људе: нпр. "рајски" предели у Европи у топлим интерглацијацијама и сурова животна средина у хладним глацијацијама - када човек тражи склоништа по пећинама и све успешније опстаје и у тим суровим животним условима.

У ранијим стадијумима Леденог доба, први хоминиди, који су живели у Африци, морали су да се адаптирају на стално смењивање суве и влажне климе. То је изазвало потребу да се људи брже крећу кроз саванске пределе сиромашне храном, што је било остварено преласком на двоножни ход. Релативно брзо прилагођавање на циклично променљиве услове живота учинило је да се човек потпуно усправи, и тако ослободи руке за друге активности. Ако се зна да је мозак тадашњег човека већ био доста развијен били су испуњени сви потребни услови да се еволуција човека убрза.

Продирање људске врсте у Азију и Европу на рубове инландајса, за време једног топлог климатског периода, где су се, нарочито последњих милион година релативно брзо смењивали периоди сурових и хладних услова са раздобљима оптима-



лних животних услова (топли и хладни шокови) учинили су да сада већ знатно сналажљивији човек још брже напредује у свом развоју. Пре више од 500 000 година већ користи ватру, а пре више од 300 000 година почео је да прави и прве колибе. *Сталним, цикличним променама животне средине човек је подстицан да брже еволуира*, почиње интензивније да мисли, памти и говори, тј. да акумулира и размењује информације да би доцније почео да бележи своја искуства, ствара прву уметност и сложеније технологије неопходне за све богатији и културнији начин живљења.

Упоредо са успоном човека мењају се и његова биолошка својства - у првом реду *чудесна творевина природе* - људски мозак (недостижан природни хардвер систем). Тајне функционисања људског мозга представљају највећи изазов за науку у будућности. Данас се зна да је убрзани развој људског мозга резултат укрштања његових природних потенцијала и духовности. Тако је *духовност уткана у природно - углавном за време Леденог доба постала значајан позитивни али и негативни фактор даље еволуције природе*.

Тако је постепено и духовност постала фактор даљег развоја људске врсте. Од тих давних времена почиње да се развија и спирала универзалне људске духовности. При том је домишљатост, откривање нових могућности прилагођавања и откривање нових веза између постојећих појава и процеса у природи било од пресудног значаја. Имагинација притом има велики значај. Не каже случајно Ајнштајн "Имагинација је значајнија од знања". То је искра у мозгу човека о којој говори и Милутин Миланковић. И за прву ватру, и за прву колибу, камену секиру, и за

први точак, прву слику на зиду пећине *била је потребна таква искра у мозгу човека*. Због тога треба одати признање свим генијалним људима из Леденог доба. Проналазач точка није ништа мање генијалан од проналазача атомске енергије. *Сви ми стојимо на раменима претходника. Само сви заједно чинимо универзалну људску духовност. Дубоки су корени ове универзалне људске духовности*.



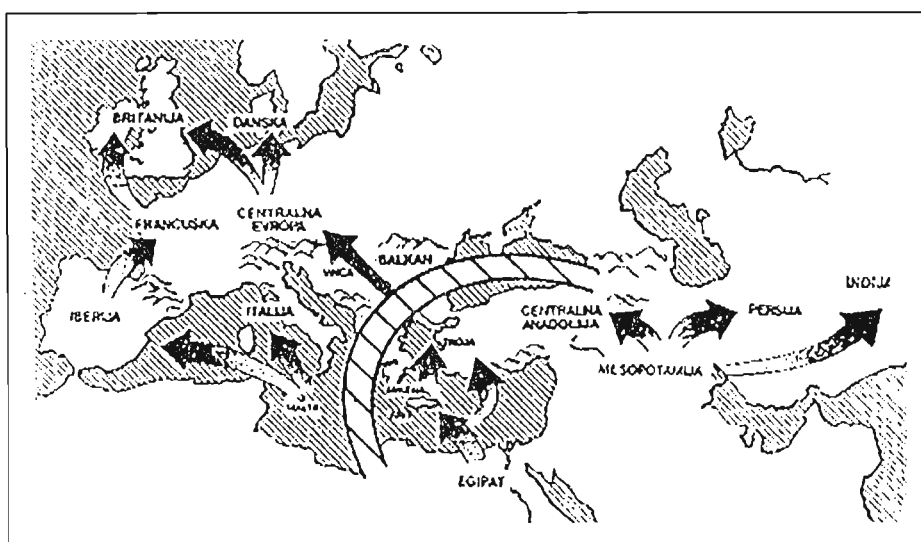
Човек је прво живо биће које се због својих способности отргло од основних природних закона, па се новостеченим способностима своје насеобине ширио по различитим животним срединама од савана и тропских шума преко суптропских и умерених региона све до области са арктичком климом. За време последњег глацијала (нарочито пре око 40 000 до пре око 10 000 година) еволуција човека (биолошка и културна) тече све брже и брже. У том периоду примитивни разумни човек се у Европи адаптира на арктичку хладну климу. Ловећи ирвасе, мамуте и друге животиње, већи део године проводи у пећинама, ствара алатке али и уметничке предмете од костију, слика по зидовима пећина и др. У периодима топлије климе људи мењају свој начин живота, враћају се сложенијим врстама лова, где риболов и ловљење птица у знатно богатијој животној средини, представљају нови подстицај за усавршавање начина живота. У временском

раздобљу од пре око 25 000 година људска врста се све више шири. Постепено насељава до тада људима ненасељене делове Земље. Тек у то време људи први пут продиру и на амерички континент (преко Беринговог копненог прелаза - у једном периоду постојања знатно нижег нивоа воде у океанима и морима због огромних количина воде акумулиране у леду).

Пре десетак хиљада година наступа садашњи интергласијални период. Ледници се повлаче и на Земљи, клима постаје све погоднија за живот људи. Само за неколико хиљада година највећи број људских популација поново из основа мења свој начин живота. Пре десет хиљада година све људске заједнице су још увек сакупљале храну и ловиле да би се само после 4 000 година већина људи већ бавила земљорадњом и сточарством. То је тзв. *Неолитска револуција*. Основни узрок ових крупних промена у начину живљења јесте отапање Инландајса, што има за последицу подизање укупног (глобалног) нивоа вода у морима и океанима и потапање свих приморских љу-

дских станишта на Земљи. Због тога су тадашње, малобројне људске популације биле принуђене да се постепено померају ка унутрашњости континента и да се насељавају у до тада мање насељене просторе поред река. Тако су брдовити региони Блиског Истока "нагло принудно" насељени (у време пре око 10 хиљада година) људским популацијама које су у тим регионима први пут почеле да производе храну.

Брда у подножју планина (Курдистан) и речне долине Блиског Истока (долина реке Јордан) представља просторе на којима су настала прва стална насеља (са зиданим кућама) у којима се интензивно мења технологија начина живота и развија агрикултура - разноврсни облици производње хране, а пастири чувају стада првих домаћих животиња. Успешна агрикултура у овим "рајским" регионима трајала је ограничено због људског незнања. Наиме, непримењивањем "плодоредом", сталним сађењем истих житарица, земљиште је временом постало сасвим неплодно.



Сл. 3. Миграција људских култура после повлачења Инландајса из Европе.

По свему судећи, нови начин живота са сталним стаништем и производњом хране *шири се из ових региона постепено ка северу и тече уредо са постепеним повлачењем хладне климатске зоне - Инландајса из Европе и Америке*. О овим догађајима има много археолошких доказа (Караново култура, Дунавска култура): најстарија насеља на Балкану су Agiss-Maghaba у Грчкој - 9 000 године пре н. е. и Старчево 7 500 година пре н. е., да би Британска острва била насељена тек у периоду од пре 5 785 до 5 000 пре н. е. (сл. 3).



Из ових првих култура брзо се даље шире људска насеља, настају временом све сложенији облици живљења, усавршавају се технологије, развијају уметничке и друге духовне активности човека. У то време почиње и прво човеково деградирање природе.

#### ЗАКЉУЧАК

Данас не постоји целовит поглед на свет примерен глобалној људској цивилизацији на прагу трећег миленијума. Нови поглед на свет је данас заправо нужан јер без њега - према начелу да без доброг умовања о принципима ствари и тражењу истине о свету и животу, нема ни добре праксе већ се само перманентно угрожава егзистенција људи на Земљи у будућности.

Може се рећи да је XX век био век зла (тоталитарни режими, ратови,

убијање по логорима, глад, геноцид и др.). Људи морају схватити да оно што данас угрожава даљи опстанак човечанства не проистиче из нечег апстрактног, него потиче баш од човека, од људи, од свих нас. Зато је нужан преображај односа међу људима и однос људи према природи. Другим речима борбу са "силама мрака", како је то говорио археолог др Срејовић, треба започети са потпунијим упознавањем самог човека. Само тако ћемо избећи погрешна, брзоплета просуђивања себичног, углавном још увек антропоцентричног човека.

За истинити одговор ко смо, шта смо, одакле смо и које нам је право место у историји природе на Земљи, морамо се окренути прошлости. Ради тога *треба што више ослушкивати геолошко време* (укључујући археолошко и историјско), јер ако смо одговорни за оно што се дешава у свету, а јесмо, треба да се што пре наоружамо мудрошћу, широкогрудношћу, племенитошћу и стрпљењем. Само тако ћемо допринети етичком, културном и привредном развоју будуће, прве глобалне цивилизације на Земљи. Треба се зато залагати за доминацију хармоније међу људима и људи са природом.

У овом погледу крупне кораке у проналажењу правога, целовитог погледа на свет, који би био примерен првој глобалној цивилизацији у III миленијуму допринеле су, свака на свој начин, две генијалне личности, које су у свом стваралаштву биле веома свестране: Гете и Миланковић (бавили су се и књижевношћу и науком). А наш мудри Јован Цвијић је поставио веома успешне критеријуме за препознавање правих научних стваралаца: "Слаби радници, каже он, терају науку као оне занатлије које шаблонски раде: не виде ништа из-

ван уског круга својих предмета, не гледају око себе, често не запазе ни очигледне везе, они врло мало научно мисле, за многе се може рећи да ништа не мисле осим онога што су други пре њих мислили". А они други (по Цвијићу) често, "само на основу једне, двеју опсервација, које су проматрача врло импресионирале и о којима је морао дуго мислити, створе у његовој глави проблем, за који се одмах или после дугог мишљења нађе макар и хипотетичко решење. Махом су овим процесом постале и највеће теорије. То су прави процеси научног стварања". И даље каже Цвијић: "То је у великој мери рад имагинације. Имагинација ствара слику процеса, акције, закона. Она је за научника ове врсте исто тако важна као и за уметника".

Ако тражимо сагласно овим критеријумима најдубљу мудрост коју су два великана духа Гете и Миланковић својом имагинацијом идентификовали а затим истраживали и проповедали, онда је то у првом реду њихово откривање трансцеденталне, апсолутне вредности хармоније. Ледено доба, време заједничког битисања и узајамног хармоничног развоја природе и успона човека је најбољи доказ за ову тврдњу.

Треба зато поновити: Гете је први, на прави начин схватио и дефинисао Ледено доба и динамику хармоничног развоја, а Миланковић је објаснио његове узроке: хармонизујући "небеске" законитости са складним развојем природе на Земљи, а поставио је и основе егзактног решавања редоследа догађаја у сегменту геолошког времена које обухвата Ледено доба.

Постаје све јасније да у трагању за целовитим, трећем миленијуму примереном погледу на свет, треба да-

ти и истинито објашњење светости. "Свето је оно", говорио је Гете "што многе душе повезује заједно". На ову тему пише Гете и у својим песмама. У песми "Једно и све" он каже:

*"Прожми нас, душо света, ходи!  
Тад самом светском духу води  
највиши нашег бића лет.  
Добри духови руком склоном  
воде посвећенике оном  
ко ствараше и ствара свет".*

Очигледно да су и "добри духови" Гетеа и Миланковића учинили много указујући нам на пут ка што потпунијој истини.

Све ово нам открива да људи у трагању за све потпунијом истином о себи и природи на Земљи, у којој би могли још дуго да егзистују, зависе од особина самог човека. У првом реду од његових способности да и даље открива и друге, још невидљиве, везе које чине да у овом нашем свету све настаје и опстаје по законима основног космичког начела - хармоније, као и спремности да се ова начела примењују.

За сада је човек, тај тзв. Homo sapiens - отпадник од природе, основни рушилачки фактор тога "божанственог" природног склада.

Откривање тајни Леденог доба омогућава да се данас много јасније могу сагледати узроци данашњег веома угроженог положаја човека на Земљи и да се сагледају мере које треба да подстакну дејства која би оснажила борбу са "силама мрака". Ако, пак, оне дефинитивно надјачају досадашњи хармоничан природни развој, могу довести, и то релативно брзо, човечанство до самоуништења - до праве апокалипсе!



Овај текст о Леденом добу посвећен је 120-то годишњици рођења Милутина Миланковића, Србина из Даља и великана светске науке, али и 250-то годишњици рођења генијалног Јохана Волфганга Гетеа. Проћиће још много оваквих јубилеја, међутим, потребно је упоредо са њима, убудуће, учинити још безброј открића и разноврсних научних истраживања (палеофлористичких, палеозоолошких, геохемијских, археолошких, антрополошких, климатолошких итд.), да би се откриле све тајне природног и друштвеног развоја за време Леденог доба. Али, заувек ће остати, као велика вредност - признање да су Гете и Миланковић прокрчили прави пут ка откривању истинитих сазнања о хармоничном, стално динамичном развоју природе и природног и духовног у човеку за време Антропогеног Леденог доба.

Поред подударности, јубиларних датума, њихове животе карактерише и једна друга интересантна судбинска подударност:

Гете који је први, на прави начин, идентификовао значај Леденог доба, признање за ово откриће добија тек ових дана, значи око 170 година после времена у коме је његов стваралачки, проницљиви дух, само на основу веома малог броја неповезаних чињеница, назрео истину о Леденом добу.

Слично је и са Миланковићем, његова математичка теорија термичких феномена осунчавања (1920) пробијала се веома споро. Чак ни његов чувени "Канон осунчавања Земље"

(1941), од великог броја официјелно признатих научника - његових савременика, није радо прихватан. Тек после његове смрти (1958) ова теорија је са већим бројем геолошких метода потврђена (1976), а убрзо потом је, посебно међу геолозима и опште прихваћена.

У оба случаја, као да је Гетеова и Миланковићева имагинација (Цвијић) превазилазила своје време. За обојицу се може рећи да су ови великани духа били претече нових схватања у науци, којима су наговештаване и нове области развоја науке у будућности. Они су својим умовањима превазилазили признате научне ауторитете свога времена. Зато обојица заслужују, иако са закашњењем, највећа могућа признања и посебно место у историји светске науке а њихова имена су, сасвим оправдано, на небу "међу звездама!"

Нама, корисницима Миланковићевих и Гетеових умовања остаје поука да треба "ослушкивати" збивања из геолошке прошлости, нарочито она из Леденог доба, и то не ради остваривања профита, већ ради стицања "мудрости преживљавања", неопходне за остваривање хармоничног живота међу људима и људи са природом на Земљи. Јер засада смо, како је то говорио М. Л. Кинг, од природе научили само "како можемо да летимо небом као птице и да пливамо морем као рибе, али још нисмо научили како да ходамо Земљом као браћа".



## ЛИТЕРАТУРА

- AGASSIZ A. 1837: Der glaciers, des moraines et des block arrattick Verh. D. Sweiz Naturforshe. Gese 22, V-XXXII.
- ENGELHARDT W. 1999: Die Goethe discover the ice age. Ecl. Geol. Helv., 92: 123-128.
- FAGAN B. 1980: People of the Earth. Little, Brown and Company, 1-142, Boston-Toronto.
- GOETHE J. W.: Tagebuch 7 oktober 1797, LA, II, 7, 457.
- GOETHE J. W.: Zur Geologie November 1829, LA I, 11, 305 – 308.
- GOETHE J. W.: Herrn von Hoff's geologisches Werk, Ia, i, ii, 223 – 227.
- GOETHE J. W.: to K.A. von Preen, 18 april, 1820 LA, II, 8A, 583.
- IMBRIE J. & IMBRIE K. P. 1979 : Ice ages, Solving the mystery, Enslow. Pub. Naw Jersey.
- HAYS J. D. IMBRIE J. & SHACKLTON N. J. 1976: Variations in the Earth s orbit: pacemaker of the Ice Ages. Science 194: 1121 – 1132.
- PANTIĆ N. 1950: Solarna kriva i kriva zaglečeravanja. Zbornik studentskih radova PMF Beograd, 1- 25.
- PANTIĆ N. 1988: Doprinos M. Milankovića tumačenju klimatskih promena u geološkoj prošlosti (U: Univerzitet u Beogradu 1838 - 1988), 543-564 Beograd.
- PANTIĆ N. 1996: O jedinstvu prirodnog i duhovnog. Plavi Zmaj, 1-150. Sremski Karlovci.
- PANTIĆ N. 1997: Od jasne ideje do dejstvujuće istine. Izabrana dela M. Milankovića (predgovor), knj. I, 25 - 84.
- ПАНТИЋ, Н. 1998: Милутин Миланковић илустрована монографија. Вајат, Београд, 1-110.
- SREJOVIĆ D. 1999: Arheološko i istorijsko vreme. Književnost, 3/4 525 – 528.

## ON THE ICE AGE PHENOMENON - FROM GOETHE TO MILANKOVIĆ

The latest acquisitions of knowledge allow to understand how significant was the influence of complicated events occurring during the Ice Age in the development of the nature and man on the Earth.

An almost completely neglected fact is pointed out that the genial writer Goethe among other things is to be credited with the priority in having given a veritable explanation of the Ice Age phenomenon on the Earth.

Versatility analysed are the contributions of the word's scientific giant Milutin Milanković in view of the recognition that the cyclical solar-radiation fluctuations upon the Earth are most responsible for development of the multiphase Ice Age on the Earth, and especially in having established a very precise definition (exact-mathematical) of alternations of warm and cold phases during the Ice Age.

The importance is considered of the Milanković's astronomic calendar ("Milanković's curve") to an effective explanation of a perpetually dynamical development of the natural and the spiritual in men during the Ice Age.

These relatively short-lasting, frequent changes in the dynamic-harmonious conditions in the nature account for an accelerated ascent of man, that is for a faster prosperity of human activities in economy, culture and religion. Lastly, it is brought forward that the evolution of nature and man, reasoned out in such a complex manner, may show an advisable way to contrive the future development of the global human civilisation.

So, in order to set strictly the responsibility of the modern man (the man of this day) for the survival of humankind in the future, it is binding to "read" what has been happening during the last three million years of the geologic time, including the archaeological and historical time. This "reading" of the past time would arm men with wisdom so much needed for a successful creation of the future for all people on the Earth.



Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 32 - 42, Београд

## МОГУЋИ ФАКТОРИ ПРОМЕНА КЛИМЕ НА ЗЕМЉИ

Ђуро Радиновић

Физички факултет, Добрачина 16, Београд

**АПСТРАКТ:** У раду су представљени могући фактори промена климе на Земљи. Они су бројни и засад на нивоу хипотеза. Само астрономски фактори положаја Земље у односу на Сунце егзактно су утврђени и математички формулисани у теорији Милутина Миланковића.

**ABSTRACT:** In this paper the possible factors of the Earth's climate changes are presented. They are numerous and for the time being at the level of hypothesis. Only the astronomical factors of the position of the Earth in relation to the Sun are exactly mathematically formulated in the Milutin Milankovic's theory.

### 1. УВОД

Атмосфера је доминантна компонента амбијента у којем живе и раде људи. Зато су време и клима предмет интересовања не само научне већ и шире друштвене јавности.

Акумулирана сазнања о еволуцији климе на Земљи током њене дуге историје показала су да се клима на Земљи мењала у веома широким границама. То је већ почетком 20. века допринело да питање промена климе постане значајан проблем светске науке.

Настојања да се објасне те промене у прошлости и предвиде њене промене у будућности инспирисале су многе научнике на опсежна истражи-

вања. Из тих истраживања произашло је уверење да су бројни фактори могли утицати на промену климе на Земљи. По грубој класификацији то су:

- (1) Астрономски фактори;
- (2) Промене састава атмосфере;
- (3) Промене састава и облика Земљине површине;
- (4) Унутрашњи фактори атмосфере;
- (5) Утицај човека на климу.

### 2. АСТРОНОМСКИ ФАКТОРИ

Полазећи од чињенице да енергија за сва збивања у атмосфери потиче од Сунца и да се положај у односу



на Сунце мења, више научника у прошлости покушало је да доведе у везу климатске промене на Земљи са променама астрономских фактора. Први од њих био је француски математичар Адемар, који је још 1842. године указао да су промене Земљине орбите могле довести до појаве ледених доба на Земљи. Међутим, тек је Миланковић (1920, 1930 и 1941) детаљно проучио овај проблем и дао одговарајућу теорију.

За објашњење ледених доба, која су се јавила у квартару, Миланковић је користио расположиве податке и извео прорачуне о вековном ходу три астрономска елемента Земљиног положаја. То су: (1) ексцентричност Земљине орбите; (2) нагиб Земљине осе ротације према равни еклиптике и (3) прецесија или време наступа равнодневнице. Сви ови елементи се мењају са временом због утицаја Месеца и других планета на кретање Земље. При томе период промене ексцентричности орбите износи око 92 000 година, нагиба осе ротације око 40 000 и наступа равнодневнице око 21 000 година.

Промена ових астрономских елемената не утиче на укупну количину Сунчевог зрачења које пада на горњу границу атмосфере узето за Земљу у целини у периоду од годину дана. Међутим, оне доводе до промене количине енергије коју путем зрачења добијају различите ширинске зоне у појединим сезонама године.

На основу утврђене периодичности промена астрономских елемената, Миланковић је формулисао теорију радијационог и термичког режима атмосфере. По тој теорији следи да у зависности од узајамних односа напред наведених астрономских еле-

мената, температуре ваздуха на површини Земље може се у умереним и вишим географским ширинама у топлом делу године променити за неколико степени. С друге стране, та промена је у мањој или већој мери праћена са супротним по знаку променама температуре у хладном делу године.

Емпиријска истраживања су показала да је режим ширења леда на Земљи у основи зависан од температуре топлог дела, док термички услови хладног дела године знатно мање утиче на ширење леденог покривача. Наиме, суштина је у томе да се лед у хладној половини године образује у приближним износивама, али се у топлом делу године мање топи ако је температура нижа па долази до његовог ширења све док се овај температурни режим не промени.

Тако је Миланковић на основу израчунавања астрономских елемената у квартарној ери закључио да су периоди снижења температуре топлог дела године у зони где се углавном образовао ледени покривач ( $60^{\circ}$  -  $70^{\circ}$  г.ш.) одговарали леденим добима, а периоди повишења температуре интервалима између њих.

Радови Миланковића о промени климе на Земљи као последици промена астрономских фактора изазвали су велико интересовање у научном свету. Познати климатолог Кепен био је први који је сранио Миланковићеве прорачуне са променама климе у прошлости. Он је потврдио да се ови прорачуни добро слажу са историјом ледених доба у квартарној ери (Koppen & Wagner, 1924).

Међутим, нису сви научници били таквог мишљења. Стога су радови Миланковића о вези између астро-

номских фактора и промена климе подстакли велику дискусију о том проблему. Поред тога, изнето је више интересантних хипотеза и претпоставки које су настојале да на други начин објасне утицај астрономских фактора на промене климе на Земљи.

Тако је низ аутора заступао хипотезу о могућем утицају промене соларне константе на промену климе. Међутим, то није доказано, јер и у периодима великих осцилација Сунчевих пега промене соларне константе изгледале су занемарљиво.

Друга хипотеза, коју је заступао мањи број аутора, односи се на могућност промене Сунчевог зрачења због проласка Сунчевог система кроз маглине у васиони. По тој хипотези честице тих маглина слабе Сунчево зрачење које доспева до Земље. Односно, кад се те честице под дејством силе теже излуче на површину Сунца долази до појачаног Сунчевог зрачења.

Нешто прихватљивија хипотеза полази од претпоставке да се радијус Сунца у току његове еволуције као звезде смањује а сјај повећава. Тако је Шварцшилд (Schwarzschild, 1958) нашао да се у времену постојања Земље сјај Сунца повећао за око 60%. Томе повећању одговара пораст соларне константе за око 1% на 80 милиона година. Таква промена би могла несумњиво имати велику улогу у променама климе прошлих епоха.

Посебан аспект могућег утицаја Сунчевог зрачења на климу Земље односи се на поједине делове спектра Сунчевог зрачења. У многим радовима је показано да при практично непромењеној соларној константи могу знатно да колебају

флуксиви ултраљубиччастог и неких других делова спектра Сунчевог зрачења. Утицај ових колебања на физичке процесе у горњим слојевима атмосфере су добро познати. Међутим, њихов утицај на процесе у тропосфери од којих зависи време и клима још увек није довољно јасан.

На крају треба истаћи да од свих напред наведених астрономских фактора, оне које је Миланковић узео у обзир у својој теорији сматрају се најзначајнијим. То су потврдиле и провере изведене последњих деценија помоћу нумеричких модела и анализе седимената са дна океана.

### 3. ПРОМЕНЕ САСТАВА АТМОСФЕРЕ

Од свих састојака атмосфере сматра се да промене концентрације угљен-диоксида и количине аеросола, који настају при вулканским ерупцијама, имају највећи утицај на промену климе. Још средином 19. века било је познато да угљен-диоксид и водена пара у атмосфери имају својство да упијају дуготаласно зрачење. То својство чини да ова два гаса битно утичу на температурни режим атмосфере. Отуда је крајем 19. века више истраживача (Arrhenius, 1896 и 1903; Chamberlin, 1897, 1898 и 1899) претпоставило да су промене количине угљендиоксида у атмосфери могле условити појаву ледених доба у квартару.

Користећи податке геолошких истраживања Архениус је уочио да количина угљендиоксида коју данас садржи атмосфера представља само мали део од количине која је утрошена на формирање карбонатних минерала. Тако је Арениус закључио

да се концентрација угљендиоксида мењала у прошлости у широком опсегу и да су те промене могле довести до појаве ледених доба.

На основу нумеричког модела за одређивање температуре на Земљиној површини у зависности од својстава атмосфере, Арениус је добио да повећање угљендиоксида до 3 пута повећава температуру ваздуха за 8 - 9°C, а смањење количине угљендиоксида за око 40% снижава средњу температуру на Земљи за 4 - 5°C.

Подржавајући хипотезу о вези између концентрације угљендиоксида у атмосфери и климе Плас (Plass, 1956) је изнео концепцију о самопроменљивости концентрације угљендиоксида у атмосфери и океанима. По овој концепцији, почетно смањење количине угљендиоксида у атмосфери доводи до снижења температуре на површини Земље. То снижење температуре изазива увећање масе поларног леда. Због тога се, пак, смањује запремина океана што доводи до повећања садржаја угљендиоксида у атмосфери и поновног отопљења. После тога лед се топи, запремина океана повећава, количина угљендиоксида у атмосфери смањује и наступа нови период захлађења.

Новија истраживања су показала да се промена концентрације угљендиоксида у атмосфери не може тако једноставно везати за промену температурног режима на Земљи. Поред апсорпционе моћи угљендиоксида, на температурни режим у приземљу утиче још бачност, влажност ваздуха, општа циркулација атмосфере и друге величине које се мењају при промени концентрације угљендиоксида у атмосфери. Даље су Манабе (Manabe, 1970) и Будико (Bu-

diko, 1974) показали помоћу прорачуна са најновијим моделима да промене концентрације угљендиоксида у атмосфери не би довеле до истих промена температуре на целој Земљи. Према резултатима њихових истраживања, ако би се постојећа концентрација угљендиоксида повећала за 40% (од 0,03% на 0,042%) средња годишња температура у нижим ширинама би порасла за 2°C, а у вишим ширинама чак за 10°C.

Други састојак атмосфере чија концентрација утиче на климатске услове је атмосферски аеросол. Један од првих истраживача који је изразио претпоставку да промена прозирности атмосфере утиче на климу био је Б. Франклин у 17. веку. Знатно касније су П. Сарасин и Ф. Сарасин (P. Sarasin i F. Sarasin, 1903) изложили хипотезу да се појава ледених доба у квартару може објаснити смањењем прозирности атмосфере због повећања вулканске активности у тој ери. Ова хипотеза касније је била подржана од више истраживача.

Утврђивању ове хипотезе највише је допринео Хамфриз (Humphreys, 1913 и 1929). Он је запазио да се после вулканских ерупција у атмосфери јављају облаци малих честица вулканске прашине. По његовој оцени ти облаци знатно слабе краткоталасно Сунчево зрачење док скоро не утичу на дуготаласно зрачење Земље, које несметано одлази у васиону.

Хамфриз је израчунао да је при ерупцији вулкана Катмај 1912. године у атмосферу северне хемисфере избачено довољно вулканског пепела да се температура на Земљиној површини смањи за неколико степени. Ово је дато под условом да се та вулка-

нска прашина задржи довољно дуго у атмосфери.

Велики значај утицаја вулкана на климу придавао је и Брукс (Brooks, 1950). Он је на основу података о снази вулканских ерупција саставио преглед интензитета вулканске активности од почетка палеозоика па до нашег времена. На основу тих испитивања Брукс је сматрао да је појачање вулканске активности био један од фактора који су омогућили развој леденог покривача на континентима.

Слична истраживања само још детаљнија извршио је Лемб (Lamb, 1970) саставивши преглед вулканских ерупција од 1 500. године на даље. Он је утврдио да су они битно смањили прозачност атмосфере за краткоталасно зрачење и сматрао као и Хамфриз да представљају значајан фактор у промени климе.

Испитивања спроведена последњих година показала су да се основни део опште масе атмосферског аеросола састоји од тзв. великих честица с радијусом од 0,1 до 10  $\mu\text{m}$  и гигантских честица радијуса већег од 10  $\mu\text{m}$ . Дејством природних процеса у атмосферу годишње доспева од 800 до 2 200 милиона тона разних врста материја које образују честице аеросола. Ови аеросоли већином сачињавају разна испарења и честица стена и тла, морске соли, чађ, пепео, сумпор, амонијак и др.

Средња дужина задржавања честица аеросола у тропосфери износи око 10 дана. Међутим, у стратосфери због неразвијених вертикалних кретања и одсуства падавина честице аеросола се задржавају од неколико месеци до неколико година. Испитивања Јунга (Junge, 1962) су

показала да се аеросоли у стратосфери састоје у великој мери од капљица сумпорне киселине, већином њеног једињења са амонијаком. Већи део масе аеросола сконцентрисан је у слоју дебљине неколико километара. Средина тог слоја се најчешће налази на висини 18 - 20 km. Тај слој се назива сулфатни или Јунгов слој.

Према Пивоваровој (Пивоварова, 1968) и још неким ауторима средње аеросолно слабљење директног Сунчевог зрачења износи око 10% од његовог интензитета. То је резултат постојања у атмосфери око 80 милиона тона аеросола или 0,1  $\text{g}/\text{m}^2$  Земљине површине. Око половине те количине отпада на циновске честице чија концентрација је незнатна. Самим тим и утицај тих честица је веома мали.

#### 4. ПРОМЕНЕ САСТАВА И ОБЛИКА ЗЕМЉИНЕ ПОВРШИНЕ

У геолошкој прошлости састав и облик Земљине површине се знатно мењао. Те промене су несумњиво имале велик утицај на климу Земље. Изучавању тог утицаја посвећено је много пажње и изведено је више значајних истраживања, нарочито у првој половини 20. века.

Међу истраживачима који су најдетаљније изучавали промену Земљине површине и њихов утицај на климатске услове био је Брукс (Brooks, 1950). Он је на основу тих истраживања указао да климатски услови виших географских ширина битно зависе од леда који се тамо налази. Ово из разлога што велики алbedo снега и леда умањују апсорпцију Сунчевог зрачења на Земљиној површини. Брукс је, такође, уочио велику улогу морских струја.

Ове струје доприносе знатном смањењу температурне разлике између нижих и виших географских ширина. По мишљењу Брукса типичан за већи део историје Земље је климат са топлим или жарким условима на свим ширинама који је владао при ниском нивоу континената одвојених пространим океанима и морима. Повишење нивоа континената, нарочито у поларним областима, био је узрок захлађењу и развоју ледника, који су се затим проширили на умерене географске ширине. Брукс сматра да се ледено доба у геолошком периоду пермокарбона појавило у тропским ширинама и да се оно може објаснити високим нивоом континената и променом режима морских струја у одговарајућим рејонима.

Други значајан истраживач у овој области био је Албрехт (Albrecht, 1947). Он је издизање меридионалних планинских ланаца, посебно Стеновитих планина и Анда, сматрао битним фактором хлађења климе у ери квартара. По мишљењу Албрехта, те планине знатно слабе интензитет атмосферске циркулације и смањују количину падавина, које се зими излучују у континенталним областима умерених и виших географских ширина. Као последица тога долази до знатног смањења ослобађања топлоте кондензације у тим крајевима, што има утицаја на температурни режим.

Неки од аутора који су проучавали утицај промена Земљине површине на климу давали су велик значај променама рељефа морског дна (Ewing & Donn, 1956; 1958). Они су сматрали да су се ледена доба у квартарној ери јавила као резултат издизања подводног гребена у Северном Атлантику, који се пружа од Шкотске ка Исланду и Гренланду. То издизање је ослабило пренос то-

плоте Голфском струјом према Скандинавији и довело до хлађења северних поларних области, где су почеле да се образују хладне и суве ваздушне масе. При узајамном деловању тих ваздушних маса са топлим и влажним морским ваздухом, долазило је до излучивања обилних чврстих падавина. То је по мишљењу аутора довело до развоја континенталних ледника.

Ослањајући се на хипотезу о утицају премештања континената и положаја полова на климу, Кепен и Вегенер (Koppen, Wegener, 1924) су извршили реконструкцију климе у прошлости. Међутим, због сложености проблема и недовољног броја палеогеографских и палеоклиматолошких података, ова хипотеза није довела до значајнијих сазнања о узроцима климатских промена у прошлости.

## 5. УНУТРАШЊИ ФАКТОРИ

Посматрајући атмосферу као део геофизичког система, могуће је све утицаје на њу поделити у две категорије - спољње и унутрашње. Фактори који утичу на процесе у атмосфери а припадају неком од делова геофизичког система изван атмосфере, као што су утицаји океана, континената, леденог покривача и астрономски фактори, о којима је било говора, зову се спољни фактори. Фактори који утичу на појаве у атмосфери а продукт су искључиво атмосферских збивања, зову се унутрашњи фактори.

Унутрашње факторе можемо боље разумети ако величине које карактеришу стање атмосфере посматрамо као одређена поља метеоролошких елемената. То су поља притиска, температуре, ветра, влажности

и сл. Међусобно су повезана и ни један елемент се не може сматрати независним од осталих елемената чије промене у простору и времену представљају климатски фактор.

Узајамно деловање тако замишљених метеоролошких поља у атмосфери одређује општу циркулацију атмосфере, а преко ње режим облачности, падавина и других појава које карактеришу време и климу на Земљи.

За теоријско проучавање унутрашњих фактора потребно је да се геофизички систем атмосфера - океани - копно - ледени покривач, који одређују климу, претпостави константним. Овај проблем је проучавао Лоренц (Lorenz, 1968) на основу анализе једначина теорије климе. Лоренц је показао да су могуће две варијанте решења тих једначина. Прва од њих даје један тип постојаног климата који се добија као резултат осредњавања тренутног стања поља метеоролошких елемената за дужи временски период. Такав климат којег Лоренц назива прелазним, јавља се јендозначним за разматране спољне услове. Друга варијанта решења даје неколико типова постојаног климата. У таквом случају климат се може битно изменити и без видних спољних утицаја. У вези са тим Лоренц је изложио интересантну идеју по којој климат одређен на дугачак али коначан интервал времена може зависити од почетних услова и према томе разликовати се за различите периоде времена при неизмењеним спољњим факторима.

Упоредо са напред наведеним проблемом, суштински значај за разумевање промене климата има разјашњење могућности развоја аутоко-

лебајућих процеса у систему атмосфера - океани - ледени покривач. Иако су аутоколебајући процеси у овом систему врло сложени, извесни аутори су покушали да помоћу њих објасне промене климе у квартарној ери (Plass, 1956; Wilson, 1964; Flohn, 1969). У овим истраживањима узрок ледених доба у квартару везан је за непостојаност ледника, који је изазвао аутоколебајуће промене у атмосфери.

Слична истраживања су спроведена у бившем СССР-у (Дроздов и Григорјева, 1971). Овде су испитивана циклична колебања атмосферских падавина на територији бившег СССР-а. При томе су аутори дошли до закључка да дата колебања имају аутоколебајући карактер, тј. да могу бити узрок колебањима и промени климе.

## 6. УТИЦАЈ ЧОВЕКА НА КЛИМУ

Значајнији утицај човека на климу отпочео је још пре неколико хиљада година. Он је везан за почетак развоја пољопривреде. Овај утицај се огледао највише у освајању пољопривредних површина крчењем и уништавањем шума и другог растиња. То је, пак, доводило до повећања брзине ветра у приземљу, промене режима температуре и влажности, а донекле и падавина. Такође је имало за последицу промене режима влажности тла, испаравања и отицања са копнене површине. У сувљим областима уништавање шума је доводило до појачања прашињских олуја и уништавања површинског слоја земље, што је знатно мењало природне услове у тим областима. У влажнијим областима крчење шума је доводило до повећања ерозије и стварања пространих голети.

Други вид човековог утицаја на климу, а који је, такође, везан за пољопривреду, је наводњавање пољопривредних површина. Он се, такође, користи још из времена древне цивилизације. Тим поступком се знатно повећава потрошња топлоте на испаравање, снижава температура Земљине површине, повећава релативна влажност приземног слоја ваздуха, мења биланс зрачења, смањује турбулентни пренос топлоте и мењају други климатски услови.

Развој урбаних средина, посебно већих градова, доводи до знатних климатских промена. Ове промене се огледају највише у промени режима следећих елемената и других услова средине, као што су:

- (1) смањење албеда Земљине површине;
- (2) смањење испаравања са Земљине површине;
- (3) повећање храпавости Земљине површине;
- (4) пораст температуре због вештачког довода топлоте;
- (5) смањење апсолутне и релативне влажности;
- (6) промена биланса зрачења;
- (7) пораст антропогеног аеросола;
- (8) смањење прозрачности атмосфере;
- (9) повећање облачности, магле и падавина;
- (10) повећање отицања.

Утицаји човека на климу о којима је напред било говора, имају углавном локални карактер. Међутим, последњих деценија запажени су утицаји неких човекових активности на климу који добијају глобални карактер. Од тих утицаја посебно се истичу промена количине угљендиоксида у атмосфери.

Повећање потрошње угља, нафте и других материјала, који представљају изворе топлоте, довело је до повећања угљендиоксида у атмосфери. Мерења показују да се од средине овог века до наших дана концентрација угљендиоксида изнад равних области на Земљи које репрезентују глобално стање повећава у просеку годишње за око 0,2% од масе угљендиоксида коју садржи атмосфера. За последњих сто година концентрација угљендиоксида се повећала за око 10% и то већим делом у последњим деценијама.

По извесним прорачунима следи да је то повећање концентрације угљендиоксида условило пораст средње глобалне температуре на Земљи за око 0,2°C. То није мали ефекат кад се узме да укупно повећање средње температуре на Земљи при последњем отопљењу износи око 0,6°C. Стога ако се овај тренд повећања концентрације угљендиоксида у атмосфери и даље настави, што је сасвим вероватно, он ће несумњиво довести до промене климе на Земљи у глобалним размерама.

Интензиван развој људских активности довео је до убацивања у атмосферу велике количине разних честица које знатно увећавају концентрацију атмосферског аеросола. По извесним проценама антропогени аеросол у атмосфери је последњих година достигао масу од 200 - 400 милиона тона годишње. То већ чини 10 - 20% од укупне количине коју прима атмосфера годишње.

Мањи део антропогеног аеросола избацује се у атмосферу у облику чврстих и течних честица. Главни извор вештачки произведених аеросола за атмосферу су гасови, а нарочито сумпор, оксиди азота и други гасови из којих се путем разних

хемијских реакција образују честице аеросола.

Својство антропогених аеросола је да се већим делом не задржавају у областима где су настали (градови и индустријски базени), већ се преносе кроз читаву атмосферу. То чини да њихово деловање на климу добија глобални карактер.

Честице аеросола слабе краткоталасно Сунчево зрачење, које пролази кроз атмосферу и доспева до Земљине површине. Ово слабљење се очитује на два начина - апсорпцијом и растурањем. Први од ових процеса смањује, а други повећава алbedo система Земља - атмосфера.

Будико (Budiko, 1974) је на основу расположивих података проценио да је повећање концентрације антропогеног аеросола смањило Сунчево зрачење на северној хемисфери за око 6%. Користећи полуемпиријску теорију термичког режима атмосфере добио је да то смањење доводи до смањења средње температуре на Земљиној површини од  $0,75^{\circ}\text{C}$ .

Поред угљендиоксида и аеросола на климу Земље може знатно да утиче производња енергије при разним људским активностима. То, пак, доводи до додатног загревања атмосфере и Земљине површине. Сва енергија коју човек користи у коначном рачуну претвара се у топлоту и манифестује у порасту температуре. При томе енергија која се добија из угља, нафте, природног гаса, као и атомска енергија, представљају допунске изворе енергије за савремену епоху. Зато њено ослобађање нарушава топлотни биланс зрачења на Земљи. Само хидроенергија и енергија која се добија из дрвета и пољопривредних производа представљају преобраћену енергију Сунче-

вог зрачења, које је у току једне или неколико година апсорбовала Земља. Стога њено коришћење не утиче на топлотни биланс Земље.

Међутим, то допунско загревање је веома неравномерно. У развијеним индустријским рејонима оно је за два, а у великим градовима и за три реда величине веће него у другим областима. Тако, нпр., Флон (Flohn, 1971) је израчунао да је у централним деловима Њујорка и Москве довод топлоте путем људских активности за неколико пута веће од енергије коју ти делови добијају од Сунца. У низу других места и индустријских рејона, чија површина износи више десетина хиљада квадратних километара, допунски довод топлоте креће се у границама од 10 до 100% од износа Сунчеве енергије.

Толико загревање би при одсуству циркулације атмосфере довело до пораста температуре од неколико десетина степени, што би у тим местима учинило живот немогућим. Међутим, атмосферска циркулација знатно слаби то загревање. При томе смањење загревања је тим веће што је област мања на којој је сконцентрисана производња допунске топлотне енергије и обратно.

Последњих неколико деценија у низу контаминаната који људском активношћу доспевају у атмосферу у већим количинама, један се посебно издваја својим могућим ефектом на слој озона, а тиме и на промену климе на Земљи. То је хлорофлуорометан ФЦ-11 и ФЦ-12 или познати под комерцијалним именом фреони. Ови гасови се користе као средство за хлађење и као аеросоли за погон. Они су веома стабилни и постојани. Првome је средњи период одржавања 40, а другом 70 година.



Гасови фреони имају двојаки ефекат на зрачење у атмосфери. Прво, уништавањем слоја озона у атмосфери доводе до интензивнијег ултраљубичастог зрачења на Земљи. Друго, апсорпцијом терестријског (инфрацрвеног) зрачења у појасу 8 - 15  $\mu\text{m}$ , задржавају топлоту која би из стратосфере где нема водене паре отишла у космос. Према извесним прорачунима које је извео Круцен (Gribbin, 1978) овај ефекат би требало да до краја 20. века доведе до пораста температуре на Земљиној површини за 0,5 - 1,0°C.

Из напред наведених разматрања следи да човек својим активностима већ данас утиче на климу на Земљи у довољној мери а даљим развојем тих активности тај утицај ће се све више повећавати.

## 7. ЗАКЉУЧАК

Преглед могућих фактора промена климе на Земљи који је напред изложен, показао је да на атмосферу као део геофизичког система, а тиме и на климу Земље утиче велики број фактора. Путеви и размере тих утицаја су још увек довољно познати. Зато се сви они за сад налазе на нивоу хипотеза. Једино астрономски фактори везани за промене положаја Земље у односу на Сунце су егзактно утврђени и у Миланковићевој теорији математички изражени. Сви остали фактори као хипотезе чекају на генија ранга Миланковића који ће их одбацити или претворити у одговарајуће теорије.

## ЛИТЕРАТУРА

- ALBRECHT F. 1947: Die Aktionsgebiete des Wasser - und Warmehaushaltes der Erdoberfläche. Zs. Met., Bd. 1, H. 4-5: 97-109.
- ARRHENIUS S. 1896: On the influence of the carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. Philos. Mag. v. 41: 237-275.
- ARRHENIUS S. 1903: Lehrbuch der kosmischen Physik. Hirzel, Leipzig, 1026.
- BROOKS C. E. P. 1950: Climate through the ages. 2nd ed., Ernst Benn, London.
- BUDIKO M. I. 1962: Polarnije ljudi i klimat. Izv. AN SSSR, ser. geogr., No. 6: 3-10.
- BUDIKO M. I. 1974: Izmenenija klimata. Leningrad, Gidrometeoizdat, 280.
- CHAMBERLIN T. C. 1897: A group of hypotheses bearing on climatic changes. J. Geology, V. 5: 653-683.
- CHAMBERLIN T. C. 1898: The influence of great epochs of limestone formation upon the constitution of the atmosphere. J. Geology, V. 6: 609-621.
- CHAMBERLIN T. C. 1899: An attempt to frame a working hypothesis of the cause of glacial periods on an atmospheric basis. J. Geology, V. 7: 545-584.
- DROZDOV O. A. I GRIGORJEVA A. S. 1971: Vlogooborot v atmosfere. Leningrad, Gidrometeoizdat, 314.
- EWING D. M. & DONN W. L. 1956: A theory of ice ages. I. Science, V. 123; 1061-1066.

- FLOHN H. 1969: Ein geophysikalisches Eiszeit - Model. Eiszeitalter und Gegenwart, Bd 20: 204-231.
- FLOHN H. 1971: General climatology. World Survey of Climatology. Vol. 2.
- HUMPHREYS W. J. 1913: Volcanic dust and other factors in the production of climatic changes and their possible relation to ice age. J. Franklin Institute, 176, pp. 131.
- HUMPHREYS W. J. 1929: Physics of the air. 2nd ed. McGraw Hill Book Company, N. Y., pp. 654.
- JUNGE C. 1963: Atmospheric chemistry and radioactivity. N. Y., Academic Press.
- Koppen W. und A. Wegener 1924: Die Klimate der geologischen Vorzeit. Berlin, 256.
- LAMB H. H. 1970: Volcanic dust in the atmosphere. Phil. trans. Roy. Soc. London. Math. & Physic. Sci., 266: 425-533.
- LORENZ E. N. 1968: Climatic determinism. Met. Monographs, 8: 1-3.
- MANABE S. 1970: The dependence of atmospheric temperature on the concentration of carbon dioxide. Global effects of environmental pollution. Reidel Publ. Co. Dordrecht, Holand, pp. 218.
- MILANKOVITCH M. 1920: Theorie mathematique des phenomenes thermiques produits par la radiation solaire. Paris, 339, 7.
- MILANKOVITCH M. 1930: Mathematische Klimarehre und astronomische Theorie der Klimaschwankungen. Koppen - Geiger, Handb. Klimat., I. A., Berlin, 176.
- MILANKOVITCH M. 1941: Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung am Eiszeitproblem. Royal Serbian Academy, V. 133, 633.
- PIVOVAROVA Z. I. 1968: Mnogoletnija izmenenija intenzivnosti solnečnoj radijaciji po nabludenijam aktinometriceskih stanciji. Tr. GGO, Vip. 233: 17-29.
- PLASS G. N. 1956: The carbon dioxide theory of climatic change. Tellus, V. 8, No. 2, 140-154.
- SARASIN P. & SARASIN F. 1901: La temperature de la periode glaciare. Verhandl. Naturforsch. Ges., Bd. 13, Basel, 603-615.
- SCHWARZSCHILD M. 1958: Structure and evolutions of the stars. Princeton University Press, Princeton, 296.
- WILSON A. T. 1964: Origin of ice ages: an ice shelf theory for pleistocene glaciations. Nature, 201: 477-478.



Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 43 - 51, Београд

## МИЛУТИН МИЛАНКОВИЋ - ДИРЕКТОР АСТРОНОМСКЕ ОПСЕРВАТОРИЈЕ

Лука Ч. Поповић<sup>1</sup>, Милан С. Димитријевић<sup>1</sup> и Ненад Д. Миловановић<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Астрономска опсерваторија, Волгина 7, Београд

Апстракт: У раду се даје осврт на период када је М. Миланковић био директор Астрономске опсерваторије.

Мотив за писање овог чланка је неколико чланака који додирују период када је Милутин Миланковић био директор Астрономске опсерваторије у Београду. Наиме, у разним чланцима се помињу различити периоди. Споран је период од када је прихваћена оставка професора Војислава Мишковића (у мају 1948), па до јануара 1951. године. Пођимо од чланка Шеварлић и Арсенијевић (1989), писаног поводом сто година Астрономске опсерваторије у коме се каже:

"... Маја 1948. године уважена је оставка професора Мишковића и до 14. 1. 1949. године Опсерваторија има само секретара М. Протића. Од 14. јануара 1949. до 31. јануара 1951. на дужности секретара и руководиоца опсерваторијом је проф. Б. Поповић. Када је Астрономска опсерваторија добила Српску академију као оснивача постављен је за

директора проф. Милутин Миланковић. Он на овој дужности остаје у периоду од 27. 1. 1951. до 26. 6. 1951. ...".

Са друге стране, Димитријевић (1997) у чланку о Астрономској опсерваторији поводом 110. година њеног постојања каже: "Када је маја 1948. године прихваћена оставка Војислава Мишковића на положај директора, за директора Опсерваторије бива именован академик Милутин Миланковић ...". Ту му се придружује и Милићевић (1997) који у истој публикацији на почетку чланка посвећеног раду овог нашег научника каже: "У години у којој Астрономска опсерваторија из Београда обележава јубиларних 110. година свога постојања (1887 - 1997) неминовно је подсећање на једног од најзначајнијих српских научника двадесетог века, генијалног светског астронома, математичара и геофи-

зичара, дугогодишњег сарадника и у периоду од 1948. - 1951. године директора Астрономске опсерваторије Милутина Миланковића."

Међутим, у "Библиграфији Милутина Миланковића" Инђић (1993) у поглављу "Важнији подаци из живота и рада" у прегледу 1948. године не даје податак да је он именован за директора Астрономске опсерваторије. У прегледу за 1951, Инђић (1993) наводи: "27. јануара решењем САН бр. 147 постављен је за директора Астрономске опсерваторије САН у Београду (до тада је био хонорарни директор)." (Слика 1). Такође нешто даље за ту годину наводи: "26. јуна разрешен је дужности директора Астрономске опсерваторије (одлука САН бр. 1699), али је задржао положај председника Савета са неограниченим мандатом. У овом својству остао је до марта 1954. године." (Слика 2). Овде је интересантно напоменути да се из преписа одлуке САНУ бр. 1699 види да је М. Миланковић разрешио сам себе у својству подпредседника Српске академије наука и уметности (види Сliku 2). Шта кажу документа из тог времена? Прво, интересантно је обратити пажњу на два извештаја објављена у Билтену 14 и 15 потписана од стране проф. Б. Поповића где се као директор и председник научног Савета наводи име М. Миланковића (Поповић 1949, 1950). Са друге стране, документа која смо пронашли на Астрономској опсерваторији, а на којима је Миланковић потписан као директор Опсерваторије показују да је он функцију директора обављао у јануару 1949. године. На Опсерваторији настарији докуменат који смо нашли, а који је Миланковић потписао у својству директора је овлашћење проф. Б. Поповићу (Слика 3), датиран на 20. 1. 1949. године. Из 1949. године

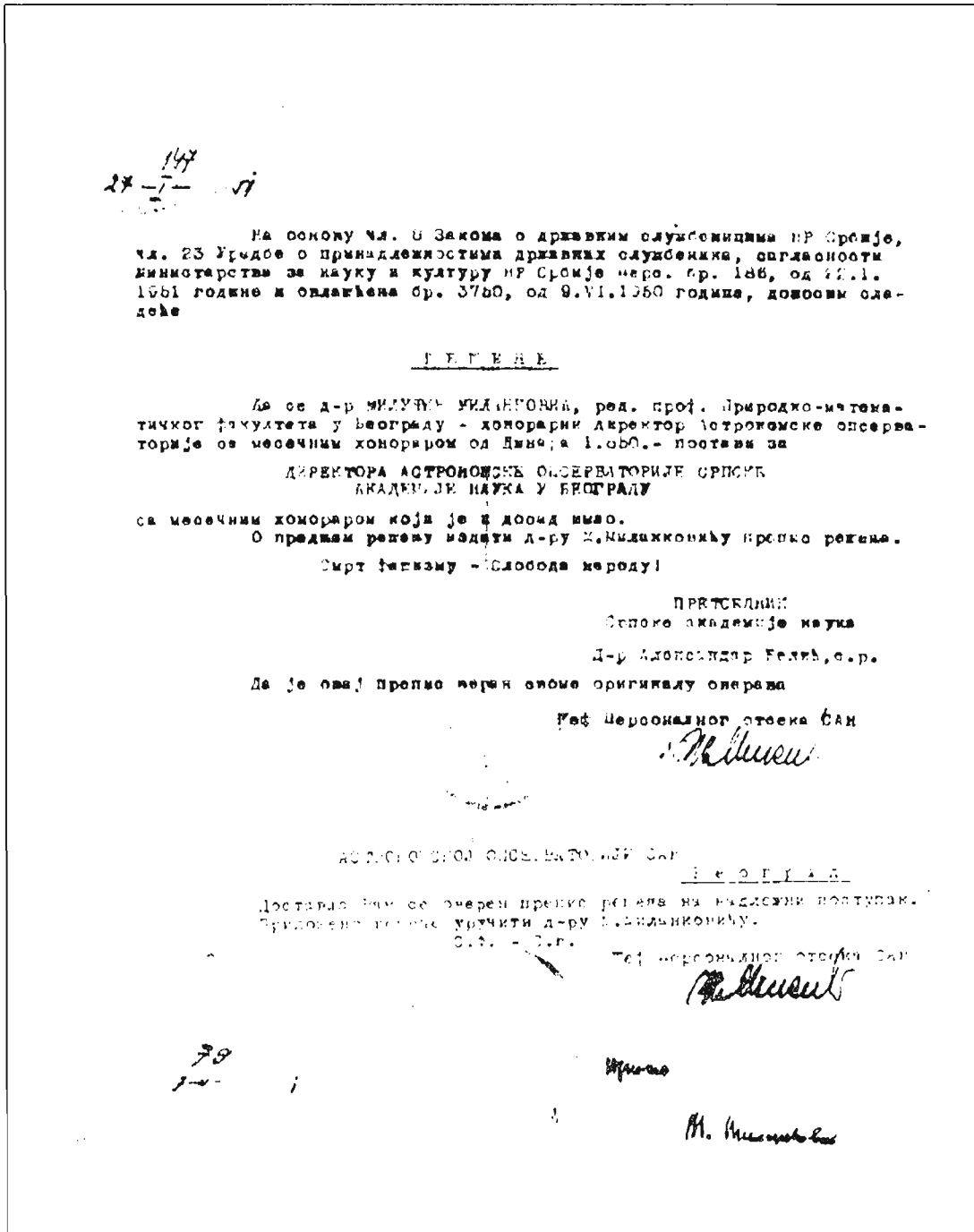
датира и препис Решења да се "др МИЛУТИНУ МИЛАНКОВИЋУ, професору Универзитета и директору Астрономске опсерваторије у Београду, ИСПЛАТИ на име хонорара за рад у Опсерваторији, бруто сума у износу од динара: 2000. = /двехиљаде/" (Слика 4). Што указује да је Миланковић у периоду од јануара 1949. године до 27. 1. 1951. године хонорарни директор Опсерваторије. Он у том периоду потписује значајна акта, док остали послови прелазе на секретаре Опсерваторије, Милограда Протића који овај посао обавља од оставке В. Мишковића до јануара 1949. године, када ову функцију преузима проф. Б. Поповић. Такође, њему у својству председника научног савета и директора Опсерваторије подносе извештаји.

Шта је са периодом од маја 1948. године до 20. јануара 1949. године?

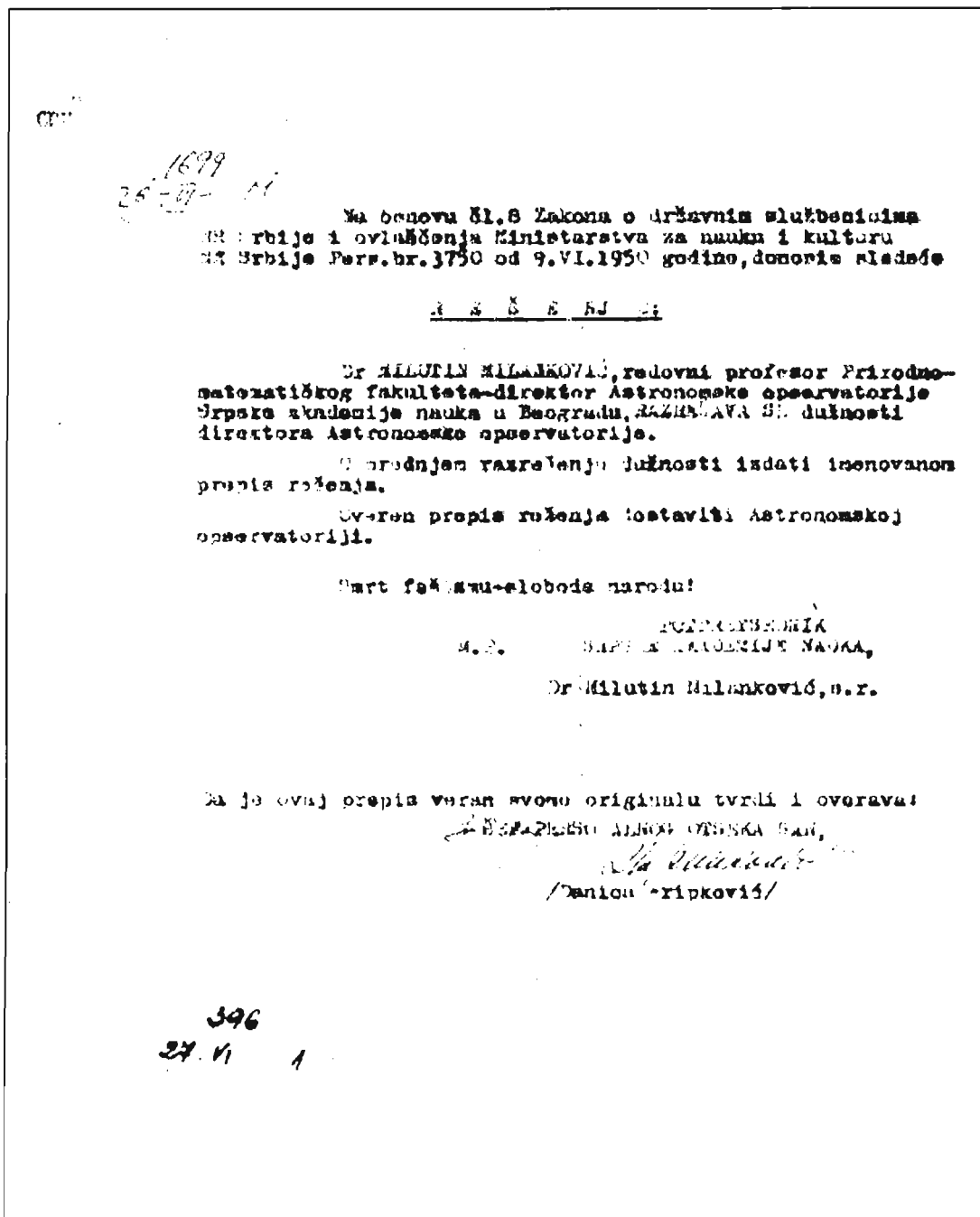
У архиву Србије у Жаркову пронашли смо Уредбу о Астрономској опсерваторији од 27. маја 1948. године где се Астрономска опсерваторија издваја из састава Природно-математичког факултета и постаје самостална научна установа под руководством Комитета за научне установе, Универзитет и високе школе (Слика 5). Уредба је изашла у Службеном гласнику Народне Републике Србије, година IV број 28. На крају члана 5. Уредбе се каже: "Претседник Научног савета је директор Астрономске опсерваторије". Осим тога, у члану 6. се каже да директор Астрономске опсерваторије сазива и председава седницама Научног савета Опсерваторије. На Астрономској опсерваторији смо нашли документ од 22. јуна 1948. године са прве седнице Научног савета где је као Председник Научног савета Астрономске опсерваторије потписан Милутин Миланко-

вић (Слика 6). Одавде следи да је Милутин Миланковић као председник Научног савета био обављао и функцију директора Астрономске

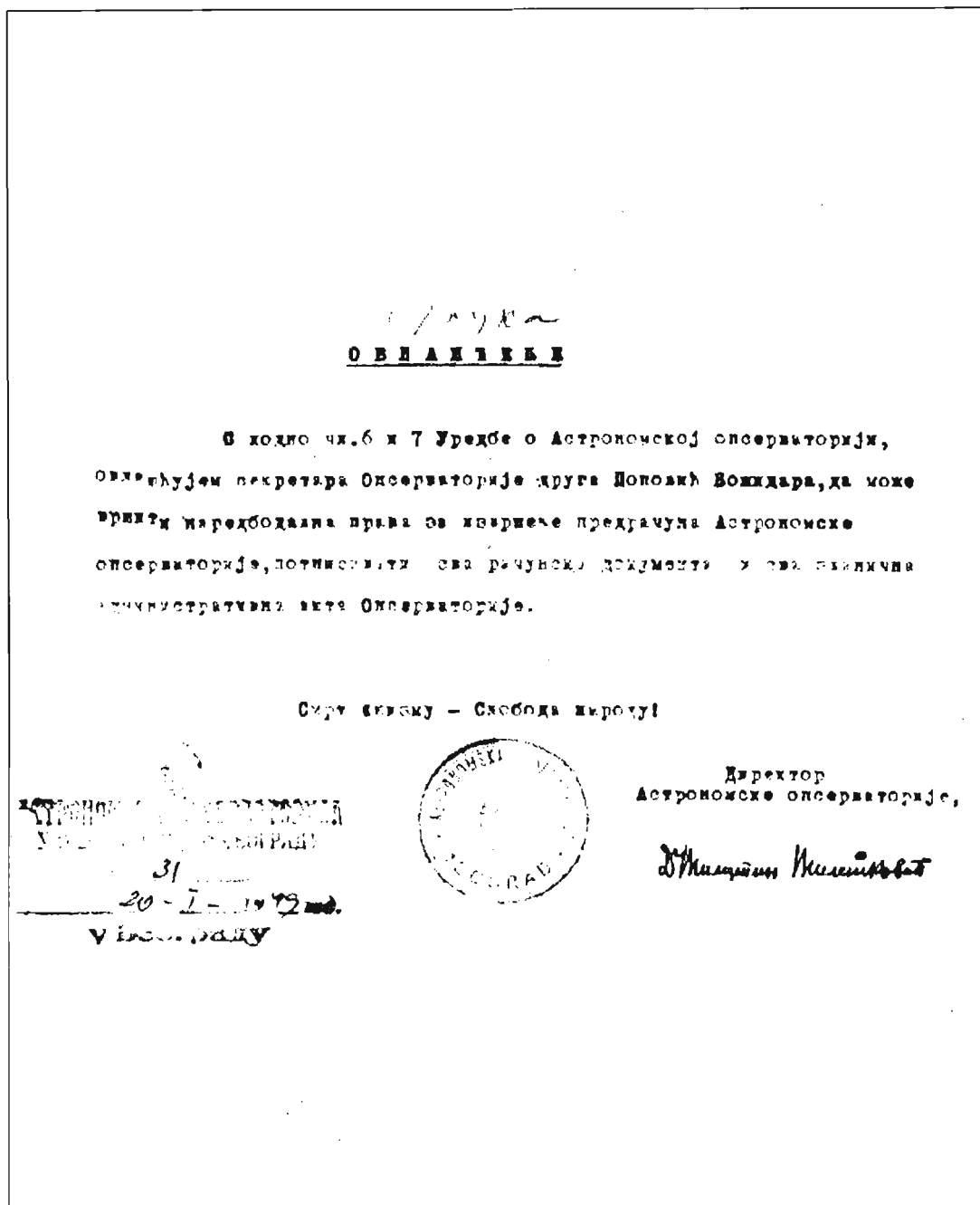
опсерваторије у Београду од именовања Научног савета 1948. године па до свог разрешења 1951. године.



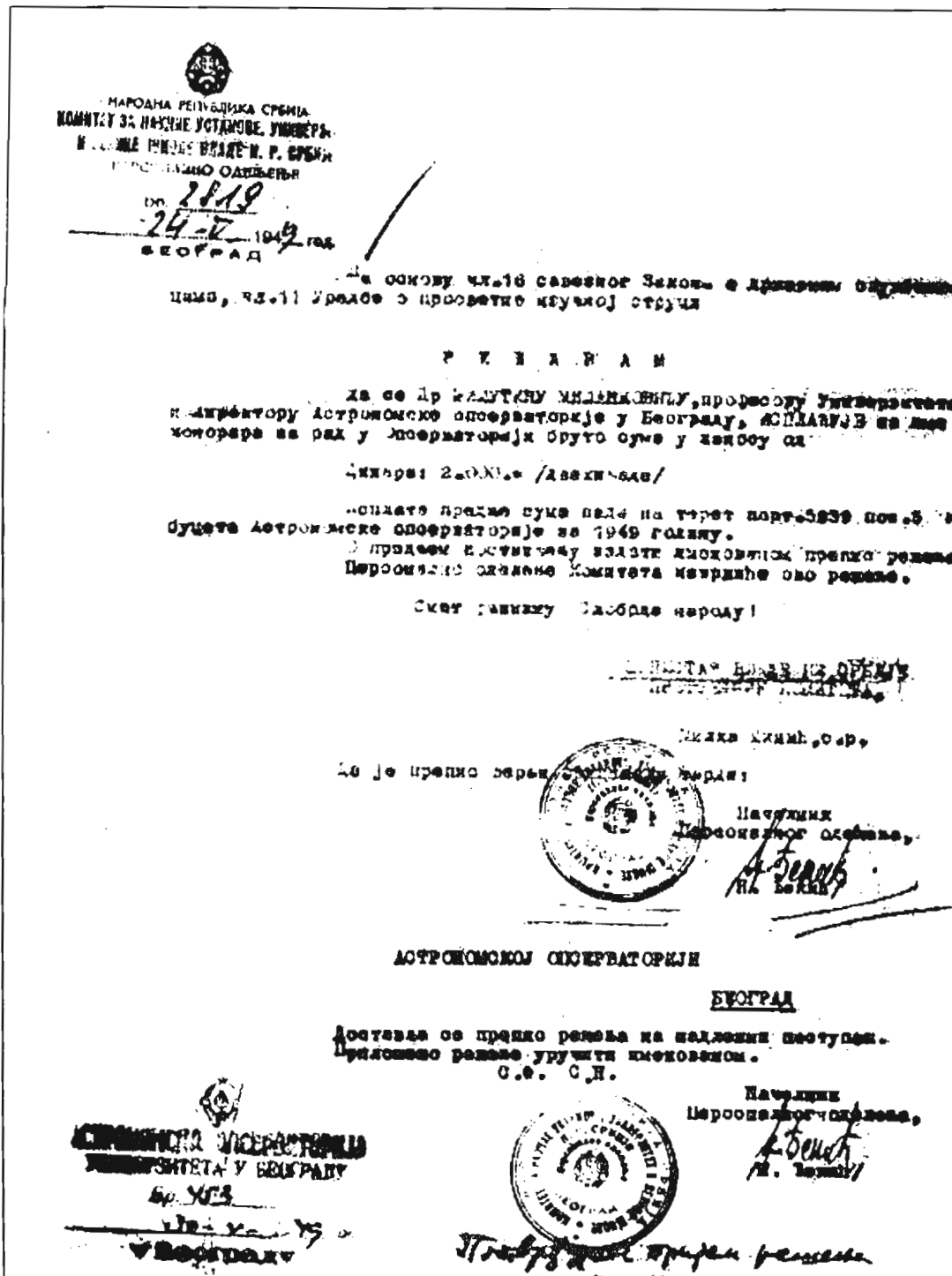
Слика 1. Прелима Решења о именовању Милутина Миланковића на место директора Астрономске опсерваторије. У доњем десном углу се види Миланковићев потпис као потврда да је решење примљено.



Слика 2. Препис Решења о разрешењу Милутина Миланковића са директорског положаја. Ово решење је потписао сам Миланковић у својству подпредседника Српске Академије Наука.



Слика 3. Овлашћење секретару Опсерваторије Б. Поповићу од стране директора Миланковића од 20. 1. 1949. године.



Слика 4. Препис решења бр. 2819 од 24. 5. 1949. године, издатог од стране Комитета за научне установе, универзитет и основне школе владе Р. Србије из кога се види да је М. Миланковић хонорарни директор. У доњем десном углу је потпис Миланковића са назнаком да је примио решење.



СМРТ ФАШИЗМУ — СЛОВОДА НАРОДУ!

# СЛУЖБЕНИ ГЛАСНИК НАРОДНЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

ГОДИНА IV — БРОЈ 28

27 МАЈА 1948 ГОДИНЕ

Претплата: год 400, полугод. 200 л.  
Цена по табелу 2.— динара

129.

На основу члана 79 Устава Народне Републике Србије, на предлог Председника Комитета за научне установе, Универзитета и високе школе Војводине Народне Републике Србије издати:

## УРЕДБУ

### О АСТРОНОМСКОЈ ОПСЕРВАТОРИЈИ

#### Члан 1

Астрономска опсерваторија у Београду издваја се из састава Природно-математичког факултета у самосталну научну установу под руководством Комитета за научне установе, Универзитета и високе школе.

#### Члан 2

Задатак Астрономске опсерваторије је да ради астрономска опсерваторија и астрономска лабораторија, да ради астрономска лабораторија и астрономска лабораторија, да ради астрономска лабораторија и астрономска лабораторија, да ради астрономска лабораторија и астрономска лабораторија.

#### Члан 3

Астрономска опсерваторија ће у сарадњи са Универзитетом у Београду организовати наставника и студентима Природно-математичког факултета напредне практичне вежбе.

#### Члан 4

Органи Астрономске опсерваторије су:  
1. Научни савет,  
2. Директор и  
3. Секретар



#### Члан 5

Научни и стручни радом Астрономске опсерваторије руководи Научни савет под председанством и разрешава председник Комитета за научне установе, Универзитета и високе школе.

Савет Опсерваторије:  
а) саставља и претлаже план и програм рада и одлуке Астрономске опсерваторије;  
б) свештачно именованица Астрономске опсерваторије;

в) стара се о подизању научног и стручног рада у Астрономској опсерваторији, о уздизању и усаглашавању спреме научних и стручних астрономских кадрова, као и о ширењу астрономских знања у земљи.

Савет Астрономске опсерваторије саставља се према потреби, а мињиме једном у три месеца. Председник Научног савета је директор Астрономске опсерваторије.

#### Члан 6

Директор Астрономске опсерваторије престаје Опсерваторију, сазива и председава седницима Научног савета Опсерваторије, организује и усклађује научни и стручни рад у Опсерваторији, стара се о извршењу плана и програма рада Опсерваторије, потписује Комитету за научне установе, Универзитет и високе школе редовни годишњи и ванредни извештај о раду Опсерваторије.

Директор Астрономске опсерваторије може вршити изредбавних права за извршење послова Опсерваторије пренети на секретара Астрономске опсерваторије.

#### Члан 7

Општу администрацију Опсерваторије обавља секретар Опсерваторије. Секретар руководи радом административног и техничког помоћних особља и до издавања општег одлука води изредбавних послова за извршење послова Опсерваторије. Секретар помаже директору у свим пословима.

#### Члан 8

За обављање научних и стручних послова Астрономске опсерваторије има посебан број научних и стручних астрономских службеника. За обављање административних и техничких послова Опсерваторије има посебан број административних, техничких и помоћних службеника.

#### Члан 9

Астрономска опсерваторија има посебан буџетски прихода и расхода у саставу прихода и расхода Комитета за научне установе, Универзитета и високе школе.

#### Члан 10

Пачни издавања Астрономске опсерваторије из састава Универзитета у Београду одређиће и ближе одређе за организацију и рад Опсерваторије прописиће председник Комитета за научне установе, Универзитета и високе школе.

#### Члан 11

Ова Уредба ступа на снагу даном објављивања у Службеном гласнику Народне Републике Србије.

В. С. Бр. 295  
У Београду, 5 маја 1948. године

Председник Владе  
Народне Републике Србије,  
Др. Благоје Нешиковић, с. р.

Председник Комитета за научне установе,  
Универзитета и високе школе  
Народне Републике Србије,  
Милка Ј. Мишић, с. р.

Слика 5. Уредба о Астрономској опсерваторији изашла у Службеном гласнику Народне Републике Србије, година IV, број 28, од 27. маја 1948. године.

НАУЧНИ САВЕТ  
АСТРОНОМСКЕ ОПСЕРВАТОРИЈЕ

Бр. 1.  
Београд, 22 јуна 1948г.

СЕКРЕТАРУ АСТРОНОМСКЕ ОПСЕРВАТОРИЈЕ

Београд

У вези са вашим извештајем бр. 195 од 4 јуна с.г., о стању и раду Астронемске опсерваторије, - Научни савет је, на својој првој седници, одржаној 14 јуна с.г., донео одлуку да у будуће Астронемска опсерваторија не може давати у штампу никакву врсту издања без претходне писмене сагласности Научног савета.

Даље, у вези са поменутиим извештајем Научном савету ои хитне оили петроски ови подаци:

1. Какве врсте посматрања и на којим инструментима се обављају, са којим посматрачима за сваку врсту посматрања, по којој методи и у коју сврху;
2. Преглед свеколиког особла установе са назнаком: година старости, година службе на установи, школских и стручних квалификација и врсте послова које обављају обавља;
3. Назив и име места радова који су потпуно спремни за штампу као установина издања, оиле научне-теоретске садржине, оиле рачунских збирки, оиле посматрачког материјала и извештаја, оиле популарних списа;
4. Тачне вредности географских координата установе, свих десет одређиваних, са назнаком: године када су посматрања обављена, инструмента на коме су одређене, посматрача који их је одредио, биле да се сматрају као проверене, биле као дефинитивне, биле да нису потпуно редуковане.

Извештавајући вас о прегледу, извелите прву одлуку примити на знање, а горње податке дооравити Научном савету ите је могуће пре, а овакако до 24 с.м. у подне.

С.Ф. - С.Н.

Председник  
Научног савета Астр. опсерв.

АСТРОНОМСКА ОПСЕРВАТОРИЈА  
У БЕОГРАДУ  
Бр. 229  
24. VI. 1948  
Београд

M. Milanović

Слика 6. Одлука Научног савета Астронемске опсерваторије упућена секретару Астронемске опсерваторије од 22. јуна 1948. године где је као председник Научног савета Астронемске опсерваторије потписан М. Миланковић.

## ЛИТЕРАТУРА

- ДИМИТРИЈЕВИЋ М. С. 1997: *110 година Астрономске опсерваторије*. У: Развој астрономије код Срба (уредници: М. С. Димитријевић, Ј. Милоградов-Турин, Лука Ч. Поповић), Publ. Astron. Obs. Belgrade 56, 9.
- ИНЂИЋ М. 1993: Библиографија Милутина Миланковића, Библиографије, књ. II (уредник М. Пантић), САНУ, Београд.
- МИЛИЋЕВИЋ В. 1997: *Научни рад Милутина Миланковића*. У: Развој астрономије код Срба (уредници: М. С. Димитријевић, Ј. Милоградов-Турин, Лука Ч. Поповић), Публ. Астрон. Обс. Белграде 56, 125.
- РОРОВИЋ В. 1949: *Services et travaux d'observations en 1949, a l'observatoire astronomique de Belgrade*. U: Publication de l'Observatoire Astronomique, Bulletin XIV, 70.
- РОРОВИЋ В. 1950: *Rapport annuel sur l'etat et l'activite de l'observatoire astronomique de Belgrade en 1950*. U: Publication de l'Observatoire Astronomique, Bulletin XIV, 70.
- ШЕВАРЛИЋ Б. и АРСЕНИЈЕВИЋ Ј. 1989: *Сто година рада Астрономске опсерваторије*. У: Сто година Астрономске опсерваторије у Београду, Publ. Obs. Astron. Belgrade 36, 25.



Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 52 - 62, Београд

## МИЛУТИН МИЛАНКОВИЋ - ВИЗИОНАР И РОДОНАЧЕЛНИК ГЕОФИЗИКЕ

Драгољуб Стефановић<sup>1</sup> и Александар Ђорђевић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Рударско - геолошки факултет, Ђушина 7, Београд

Само су визионари надарени да се издигну изнад традиционалних оквира науке, да виде даље од оног што су појединачне науке у својим доменима достигле, а да у свеобухватном схватању законитости појава понуде визију која стреми новим достигнућима. Нажалост, у историји наука готово да су се сви визионари сударали са конвенционалним схватањима, поготово ако су се усуђивали да искоракну оригиналним концептима. Чини се да су несреће и патње биле судбине многих визионара, чак и онда када их њихова средина није тако сурово казнила као у време инквизиције. Нова времена имају своју инквизицију, али многи савременици сударају се са конвенционалним схватањима и подносе тешке терете због несхватања средине када искоракну из конвенционалних оквира.

У својој 74.-тој години, 1953. године када је на Међународном конгресу друштва за проучавање квартара Милутин Миланковић, који је по позиву организатора, у свом излагању заправо заокруживао своје епохално

дело, био је грубо удаљен са говорнице и није могао да заврши своје усмено излагање. Оуглао на сличне грубости, мудрошћу визионара, махнуо је својим непрочитаним текстом и гласно узвикнуо :

*Не мари, биће штампано, па на миру читајте што сам Вам хтео казати!*

Великан мисли и духа није организатору, који је заправо довео до те непријатне епизоде, замерио за ту срамоту. Издигао се изнад мучне епизоде, како то само геније може, и прокоментарисао:

*Ако је моја теорија добра, онда ће живети својом снагом.*

Уосталом, већ је у својој средини доживео слична неразумевања. Објашњавајући доајену дескриптивних наука концепт својих проучавања феномена ледених доба, Јован Цвијић му је са ниподаштавањем рекао:

*Милутине, зар Ти можеш својом математиком казати више него што*

ја могу описати на основу регистрација стотина метеоролошких станица. Па, пријатељу, Ти хоћеш да у цркву уђеш преко крова, а врата су широм отворена.

Завршивши своје епохално дело КАНОН ОСУНЧАВАЊА ЗЕМЉЕ, Миланковић је 1941. године написао:

*Узроци промена осунчавања настају услед промена међусобних односа планета и њих не могу једноставно описати природне, дескриптивне науке. Задатак егзактних наука је да, полазећи од неспорних чињеница и неминовних закона небеске механике, ту шему опишу егзактним језиком математике. Остаје, међутим, дескриптивним природним наукама да утврде подударности између шеме и геолошких сазнања.*

У расправама научника који су се бавили дескриптивним наукама никада није хтео да учествује. Оставао им је на вољу да се они међусобно боре својим аргументима, о којима је он сматрао да мало зна. Чак и у случају када су се геолози спорили о проблему који је он математички дефинисао, избегавао је да узме учешће. Шта више, сам је написао, да се склонио од погледа да не буде препознато његово присуство. Ту епизоду описао је у разговору са својим инспиратором Алфредом Вегенером. На питање: "Да ли је одговор егзактних наука дефинитиван?", одговорио је:

*Наука стално напредује и зато она није никада казала своју последњу реч. Оно што је егзактна наука у проблему померања Земљиних полова урадила, то је само почетак. Да би та наука била у стању да своје проблеме математички формулише, она мора поћи од извесних претпоставки о природи чврстоће Земљи-*

*них тела, а такве претпоставке у природи скоро никада нису у потпуности остварене. Када би се претпоставке које су до сада у том погледу чињене прошириле, увећала би се тим самим и покретљивост Земљиних полова. Али сваки покушај који је у том правцу чињен остао је безуспешан, јер се тиме математска структура тог проблема толико компликује, да до сада није било могуће крочити напред.*

Милутин Миланковић, свој таленат у погледу математике показао је већ као средњошколац, а дипломирао је и докторирао из домена наука о грађевинама. Врло рано је схватио да му знање из математике у домену техничких наука може послужити за велике резултате у интердисциплинарним наукама. Тако је своје знање усмерио управо ка оним дескриптивним наукама у којима математика и физика нису нашле одговарајуће место.

Стицајем околности, напустио је угледан положај у Аустро-Угарској фирми у Бечу и доласком у Србију постао професор универзитета. Као врсном математичару додељено му је да предаје Небеску механику, а убрзо се прихватио и дужности директора београдске астрономије. Своје теоријско знање из астрономије употпунио је радом као директор астрономске опсерваторије, а и сарадњом са метеоролозима.

Убрзо је схватио да математика и физика нису имале право место у обема наукама, а да је геологија била искључиво дескриптивна. Управо у то време дескрипција феномена протеклих ледених доба узимала је великог маха. Са знањима којима је беспрекорно владао добро је схватио да се глобални феномени не могу само описивати. Надахнут иде-

јама свога професора академика Владимира Варићака започео је проучавања феномена која дескриптивне појаве могу објаснити законима физике, а дефинисати математичким језиком. Тако је заправо и поставио темеље ГЕОФИЗИКЕ не само на Балкану, већ и у Европи.

На позив Бена Гутенберга, оснивача сеизмологије као науке, прихватио се да буде један од коаутора капиталног дела геофизике. Аутор је три дела у оквиру вишетоног издања HANDBUCH Der GEOPHISICS.

То дело је фундаментална књига геофизике као науке. На њему су сарађивали професори геофизике у Европи који су поставили темеље свим гранама геофизике као теоријске и апликативне науке. Нажалост, у заоставштини Милутина Миланковића нису нађени делови које је он написао, а у фондовима САНУ нема ни тог капиталног дела.

Познавајући научне радове Миланковића, Гутенберг га је позвао да буде аутор неколико поглавља. Иако је у то време Миланковић био веома заузет припремајући за штампу свој КАНОН, радо се одазвао. Тиме је много допринео да се о делу Миланковића упозна и светска научна јавност, до које, због несрећних ратних околности (II светски рат), његов КАНОН није могао доспети.

#### МАТЕМАТСКА ТЕОРИЈА КЛИМЕ<sup>1</sup>

После доласка у Србију 1909. године Миланковић је наставио да објављује дела из научне области којом

<sup>1</sup> Миланковић тако преводи наслов свог дела: *Matematische Klimalehre und Astronomische Theorie der Klimaschwangungen. Band I, Teil A., des Koppen-Gelgerches der*

се бавио у Бечу. Својим радом *Прилог теорији математске климе*, објављеном 1912. године, трасирао је свој пут ка слави, а својим обимним радом *О распореду сунчеве радијације на површини Земље*, објављеном 1913. наговестио чиме ће се бавити током целог свог плодног живота. То је експлицитно исказао у раду *О питању астрономских теорија ледених доба*, објављеном 1915. године. Коначно је своја научна истраживања уобличио радећи у Будимпешти као аустро-угарски заточеник у Мађарској. То његово капитално дело као издање Југославенске Академије Знаности и Умјетности објавио је париски издавач Gauthier - Villars 1920. године.

Ауторитативни глациолози Европе, којима су, према Миланковићу, математика и физика били сасвим страни, са индигнацијом су одбацивали његову теорију сматрајући да о феноменима ледених доба они знају више описујући оно што су видели на терену. Деценијама су многи глациолози одбијали да прихвате теоријске основе Миланковића. Занимљива је и опаска Џона Имбрија (John Imbri) великог поштоваоца Миланковића, који је у својој публикацији<sup>2</sup> у осврту на ставове неких критичара Миланковићеве теорије написао:

*Пенков ауторитет је био тако велики, да су интергласијалне наслаге у терасама тумачене као локалне аномалије, а не као доказ делимично интергласијалног порекла алпских терена у целини... На пример, иако је чешки стратиграф квартара Тирачек из непоремећеног слоја шљунка ископао зарђали управљач бицикла, тај слој шљунка картиран*

<sup>2</sup> John Imbri: унето на основу преврда

је као део холоцена,... садржао он остатке бицикла или римске опеке.

Било је потребно ново доба које је омогућило да се проучавањем ледених наслага на Гренланду и Антарктику и применом метода одређивања апсолутне старости коначно прихвати и теорија Милутина Миланковића.

Овом приликом посебно треба истаћи да је Миланковић, као геофизичар, на основу закона астрономије и физике, а користећи егзактни апарат математике, израчунао каква је кли-

ма на површини Марса. Тај свој научни рад објавио је 1916. године. После осам деценија NASA је успела да на Марс спусти свој сателит Pathfinder. Један од најзначајних програма мерења помоћу сателита спуштених на Марс био је програм мерења температуре на Марсу. Спектакуларно су објавили да су измерене температуре на површини Марса. Нажалост, нису хтели или нису смели да објаве да је без компјутера, са оловком на папиру, Миланковић израчунао и објавио:

#### СРЕДЊЕ ГОДИШЊЕ TEMПЕРАТУРЕ НА МАРСУ

Географска ширина у °	Температуре у °C	
	Тло	Атмосфера
0	- 3	- 32
10	- 4	- 33
20	- 7	- 36
30	- 12	- 40
40	- 18	- 46
50	- 27	- 54
60	- 38	- 63
70	- 46	- 71
80	- 51	- 75
90	- 52	- 76

Мерења која је извршила NASA потврдила су прогнозе које је Миланковић објавио. О Миланковићевим теоријским поставкама нема ни помена у монументалној књизи о Марсу коју је NASA објавила 1968. године!

#### О ПОМЕРАЊИМА КОНТИНЕНАТА ДО ГЛОБАЛНЕ ТЕКТониКЕ

У време када је генијални Алфред Вегенер, и сам визионар, објавио

своју хипотезу о релативним кретањима Африке и Јужне Америке, Миланковић није много знао о грађи Земље. Вегенер је своју хипотезу засновао само на основу сличности контура та два континента. Сматрао је да та сличност није случајна, већ да је довољна да се на основу дескрипције постави хипотеза да су Африка и Јужна Америка некада били спојени.

У то доба се о океанским просторима знало врло мало. Оправдано је

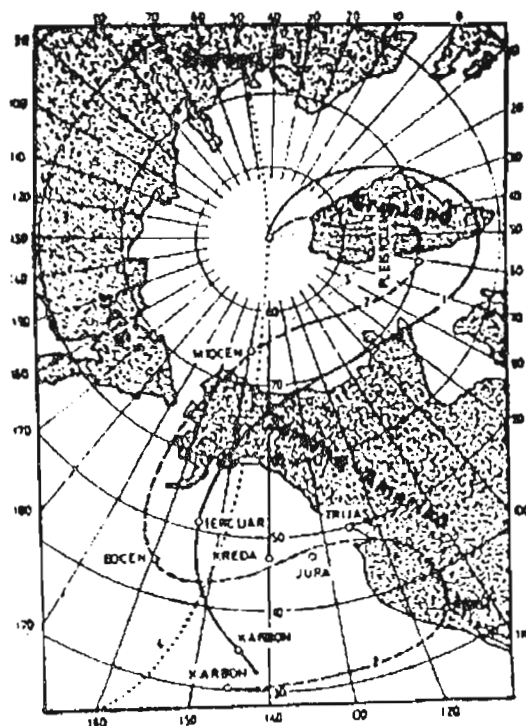
рећи да се о океанском дну готово ништа није знало. Већина геолога је сматрала да се у океанским просторима таложе седименти, да се у њима у давним геолошким раздобљима такође таложили седименти који су се током геолошког времена деловањем тектонских процеса нашли на површини Земље, односно у саставу Земљине коре. На тој хипотези заснивале су се многе хипотезе о грађи Земље.

Алфред Вегенер је изложио Миланковићу оно што је у то време било познато о дебљини Земљине коре, температури у Земљи, вероватним физичким својствима и хипотезама о изостазији. Миланковићу је било познато да је Андрија Мохоровичић на основу анализе простирања сеизмичких таласа одредио дебљину Земљине коре под континентима. Та граница ће много деценија касније добити назив *Мохоровичићева граница*. На основу тих сазнања Миланковић је дефинисао да се понашање континената може анализирати као плутање бродова.

Да би разрадио своју теорију о померању континената Миланковић је масе континената поделио на десет сегмената и претпоставио дебљине Земљине коре под њима. Миланковић, као добар познавалац стабилности ротације и законитости које су условљене променама прецесије и нутације, аналитички је дефинисао какав би морао бити положај континената Африке и Јужне Америке у односу на северни пол ротације Земље.

Своју теоријску анализу илустровао је хипотетичком трајекторијом виртуалног северног пола<sup>3</sup>. На основу тео-

ријске анализе трајекторија је могла бити само глатка крива линија. Занимљиво је да је, користећи се усвојеним претпоставкама о физичким својствима и димензијама континената, дошао до вредности да се положај континената мења у односу на пол. Израчуната вредност је невероватно блиска вредностима релативног померања континената у односу на северни пол, која износи неколико десетих делова лучног степена током милион година! Ослањајући се на теоријске анализе Миланковића, више аутора је објавило своје визије трајекторија, називајући их трајекторијама померања северног пола (сл. 1).



Сл. 1. Путање померања полова према:  
1 - Kreichgauer; 2 - Koppen i Wegener;  
3 - Koppen; 4 - Миланковић.

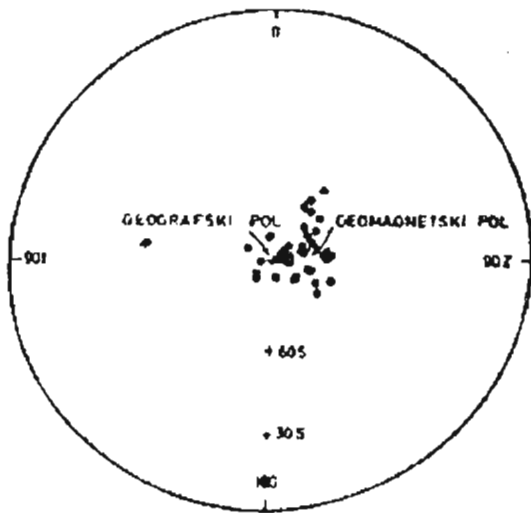
Нажалост дуго времена је у литератури коришћен термин померање северног пола, иако је Миланковић

<sup>3</sup> Дефинисао је само могућу путању, док је геолошко време положаја пола могуће

мењати променом вискозних особина Земље.



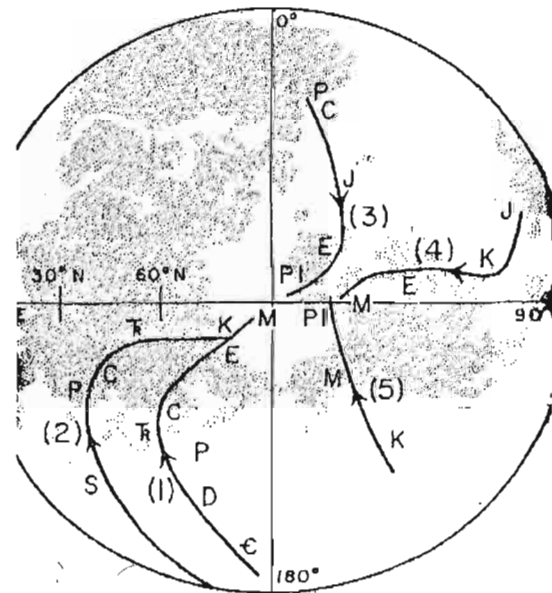
изричито истицао да пол свој положај мења само услед прецесије и нутације. Много година касније почео се користити адекватни термин *виртуално померање пола*, који заправо дефинише релативан положај сваког континента у односу на северни пол!



Сл. 2. Виртуални геомагнетски пол на основу инклинација и деклинација на местима геомагнетских опсерваторија.

Виртуални геомагнетски полови (сл. 2) одређени су на основу елемената Земљиног магнетског поља и географских координата већег броја геомагнетских опсерваторија. Уочљиво је да средња вредност свих виртуалних геомагнетских половина приближно одговара пољу дипола. Ово је разумљиво када се узме у обзир да тако одређени виртуални полови одговарају изабраној геомагнетској епохи, тј. једном веома кратком временском тренутку (сл. 3).

Средином XX века на основу проучавања магнетских својстава стена поуздано је доказано да све стене поседују стабилни део магнетске меморије. Свака стена, како магматска тако и седимента, милионима година веродостојно памти време и место на коме је настала. Вектор реманентне магнетизације одређен је у односу на хоризонталну раван у време када је стена стварана. Проучавањима је доказано да је вектор реманентне магнетизације колинеаран са вектором магнетског поља Земље. Гаусовом анализом магнетског поља, уз одређене апроксимације, доказано је да је магнетска оса Земље колинеарна са осом обртања Земље. На основу те корелације поуздано се може одредити време и место на коме је сваки комплекс стена формиран током геолошке прошлости. На томе је заснована нова геофизичка наука ПАЛЕОМАГНЕТИЗАМ, а затим и МАГНЕТОСТРАТИГРАФИЈА.



Сл. 3. Виртуална путања палеомагнетског пола за Европу (1), Северну Америку (2) (по Криру, Ирвингу и Ранкорну, 1957), Аустралију (3) (по Ирвингу и Грину, 1958), Индију (4) (по Клигу, Радакришнамурти и Сахашрабуди, 1958) и Јапан (5) (по Нагати и др., 1959).

Милутину Миланковићу се мора приписати заслуга да је управо он инспирисао истраживања која су изнедрила нову науку којом је верификована његова теорија.

У литератури се још увек користи термин померање пола, иако је неадекватан за феномен којим се описује промена положаја континента у односу на северни пол. Тако се, сасвим неадекватно, среће у литератури да се северни пол налазио у Пацифику, уместо да се, евентуално каже да се у одређеном геолошком раздобљу Пацифик, или неки део континента, налазио у домену северног пола. Чини се да до свести још није адекватно допрла спознаја да се Антарктик није вечно налазио у домену јужног пола, а присуство фосила указује да се и тај део Земље некада давно налазио на просторима на којима је могућ живот, различит од услова који вековима владају на Антарктику. Ако кренемо у поступак објашњења његовог положаја, улазимо у проблем да морамо да објаснимо положај других континенталних маса, а тиме и у суштински проблем померања континента, и то како релативно један у односу на други, тако и релативно у односу на осу обртања Земље.

#### ОД ГЛОБАЛНЕ ТЕКТОНИКЕ ДО ЦИКЛОСТРАТИГРАФИЈЕ

Развојем војних средстава за детектовање положаја подморница непријатељских снага развијен је геофизички инструмент познат својевремено као Гулфов аеромагнетометар. Инструмент је корисно послужио својој сврси, а први је примењен у геофизици ради истраживања лежишта гвожђа на просторима Канаде. Много раније, према руској литератури, аеромагнетометар примењен је при испитивању простирања гвожђевитих кварцита. Том приликом дефинисане су контуре познате, грандиозне Курске магнетске аномалије. При аеромагнетским мерењима над Курском магнетском аномалијом

коришћен је магнетометар на бази земног индуктора.

Већ при првим послератним мерењима магнетског поља на просторима источног Пацифика констатоване су магнетске аномалије које није било могуће интерпретирати на основу конвенционалног схватања грађе океанског дна.

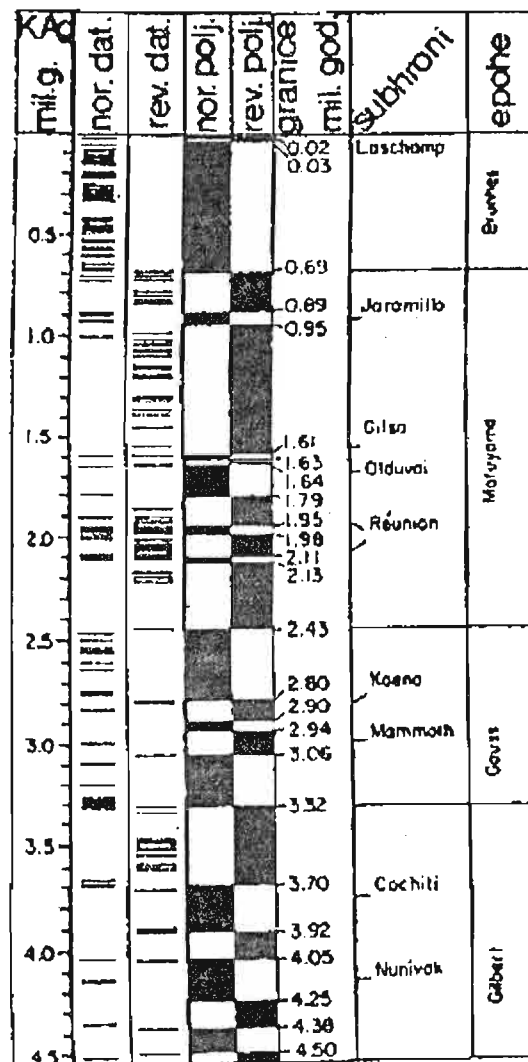
Током океанографских испитивања које је вршио Океанографски институт у Ла Хоје (Калифорнија), детаљније су дефинисане аномалије магнетског поља на великом простору источног Пацифика. Испитивања су неспорно доказала да на великом пространству источног Пацифика аномалије магнетског поља показују извесну симетричност у односу на низ изломљених линија генерално паралелних траси познатог раседа Сент Андреја.

Да би се могле интерпретирати констатоване аномалије магнетског поља, узети су узорци стена са океанског дна. Испитивањем примерака стена констатовано је да се на огромним деловима океанског дна источног Пацифика налазе базалтне и базалтоидне стене. Примерци стена имали су веома високу реманентну магнетизацију карактеристичну за базалтне стене. Констатовано је да је и реманентна магнетизација тих стена веома висока, али да је поларитет реманентне магнетизације различит. Наиме, велики број примерака стена поседовао је реверсну магнетизацију у односу на смер савременог магнетског поља на просторима где су примерци сакупљени.

Приближно истовремено са тим испитивањима геофизичар Геолошког завода САД из Менло Парка (Калифорнија), Алан Кокс (Alan Cox) проучавао је реманентну магнетизацију

излива базалта на острву Галапагос. На основу својих палеомагнетских испитивања, Кокс је објавио прву систематизовану скалу реверзија магнетског поља. Парелно са тим испитивањима одређивана је и апсолутна старост свих прикупљених примерака. Комплексна интерпретација свих резултата допринела је да се дефинише прва систематизована скала реверзија магнетског поља

током последњих пет милиона година. Тиме је дефинитивно егзактно дефинисано да је магнетско поље Земље мењало свој поларитет током времена. У карактеру ритма промена смера магнетског поља мења се и смер реманентне магнетизације базалтних излива који чине дно Пацифика. Даља систематска испитивања показала су да је то глобални феномен (сл. 4).



Сл. 4. Геолошка скала (Кокс и др., 1963) заснована на К - Ar методи.

Систематска океанска, геомагнетска, сеизмолошка, комплексна геолошка испитивања океанског дна Пацифи-

ка, а затим и других океана, неоспорно су доказала:

- ◆ да океанска дна нису равна, већ да се дуж дна простиру изразити гребени и рифтови који се високо издижу изнад нивоа околних делова океана;

- ◆ да океанска дна нису равна већ да су са изразитим, врло специфичним рељефом;

- ◆ да се средином самих гребена налазе изразито дубоке зоне (усеци) у којима владају високе температуре, а дуж којих очевидно долази до повремених излива лаве;

- ◆ да се дуж тих зона налазе бројни хипоцентри земљотреса везани за активност изливања лаве;

- ◆ да реманентне магнетизације базалтних излива изазивају карактеристичну симетрију аномалија магнетског поља.

Комплексном проучавању океанографских, геолошких, магнетских и палеомагнетских испитивања свој допринос дала су и сеизмолошка проучавања.

На основу тих проучавања констатовано је да се бројни хипоцентри земљотреса нижу испод великих веначних планина (Анда, Кордиљера, приобалних планина (Coast ranges - Калифорније) под оштрим углом. Та раван је данас позната као Бениофова или Бениоф зона.

Коначно су врло интензивна комплексна геолошка и геофизичка изучавања неспорно дефинисала хипотезу Алфреда Вегенера и потврдила теоријске основе Милутина Миланковића да се континенти померају (сл. 5).

Данас је неспорно да се сви континенти као делови глобалних плоча, а у случају Азије и Индија посебно, померају. Та латерална померања износе 2 - 8 cm годишње (нпр. 45 mm/год, па чак и 100 mm/год). Та померања условљавају да сви континенти мењају свој положај у односу на северни пол, тј. постоје виртуални полови за сваки континент.

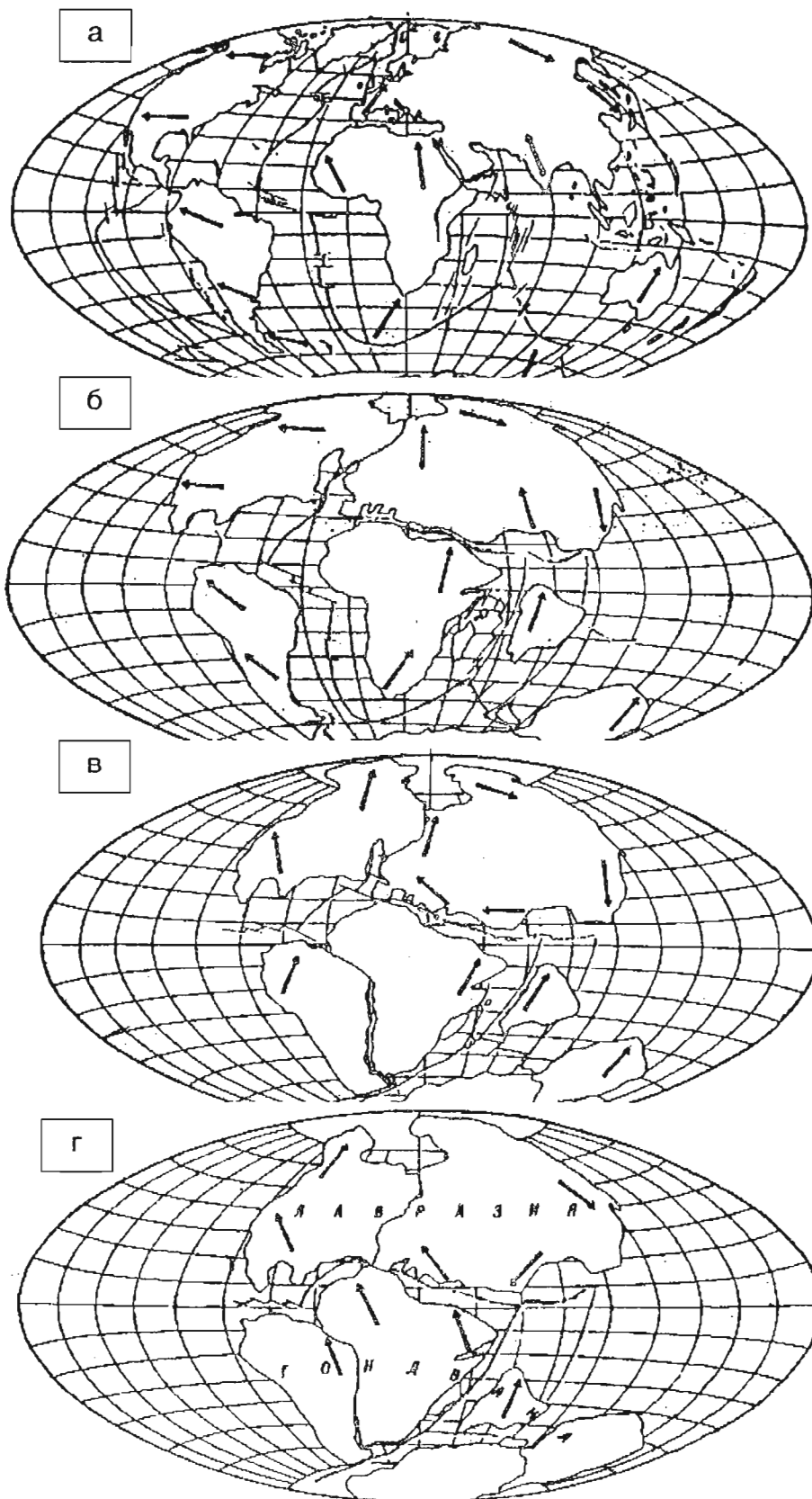
Проучавањем процеса седиментације стена океанског дна верификована је цикличност промена које одражавају процесе које је аналитички дефинисао Миланковић. Тиме су постављене основе, прво, научној дисциплини магнетостратиграфији, а узбрзо после тога и циклостратиграфији.

Тако су на теоријским основама доктора грађевинских наука, математичара, физичара, астронома, интегрално геофизичара засноване нове научне дисциплине о којима ни велики визионар није могао ни да слути.

Коначно је цео научни свет признао да је Милутин Миланковић визионарски био у праву. Комплексна проучавања доказала су и његове најсмелије теоријске поставке. Пола века после његове смрти афирмисана је његова мисао:

*да је његова теорија била ваљана и да је својим трајањем доказана.*

Научни свет га је признао заслугама које су му додељене: његово име дато је по једном кратеру на Месецу и Марсу, а сећања ради Европско геофизичко друштво додељује сваке године медаљу "Милутин Миланковић" као престижно признање научнику који у протеклом периоду оствари највеће домете у геонаукама.



Сл. 5. Распоред континената за савремено доба (а), пре 65 милиона година (б), 135 милиона година (в) и 180 милиона година (г).

ЛИТЕРАТУРА

GLASSTONE S. 1968: The book of Mars, NASA, Washington, D.C.

ИМБРИ Џ. 1981: Ледена доба, Нолит, Београд, стр. 171.

ИЗАБРАНА ДЕЛА МИЛУТИНА МИЛАНКОВИЋА 1997: - Чланци, говори, преписка. Том 6, Завод за уджбенике и наставна средства, Београд, стр 659.

СОХ А., DOELL R. 1960: Review of Paleomagnetism, U.S.G.S., vol. 71, str 645-768.

МИЛАНКОВИЋ М. 1916: Југословенска Академија знаности и умјетности, Загреб, књ. 213, стр. 64-96.



Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 63 - 74, Београд

## ПОВЕЗАНОСТ ПЕДОГЕНЕТСКИХ ПРОЦЕСА КОД НЕКИХ ЛЕСНИХ ПРОФИЛА СРБИЈЕ СА АСТРОНОМСКОМ ТЕОРИЈОМ МИЛАНКОВИЋА

Небојша Протић<sup>1</sup> и Никола Костић<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт за земљиште, Теодора Драјзера 7, Београд

<sup>2</sup> Пољопривредни факултет, Немањина 6, Земун

### Апстракт

У раду се разматра повезаност педолошких показатеља добијених анализом неколико лесних профила Србије са вредностима осунчавања планете Земље које је М. Миланковић израчунао за период од пре 600 000 година. Циклична природа седиментолошких и педогенетских процеса у лесним профилима сагледавана је анализом садржаја  $\text{CaCO}_3$ , механичког састава и минералолошким анализом фракција праха и глине.

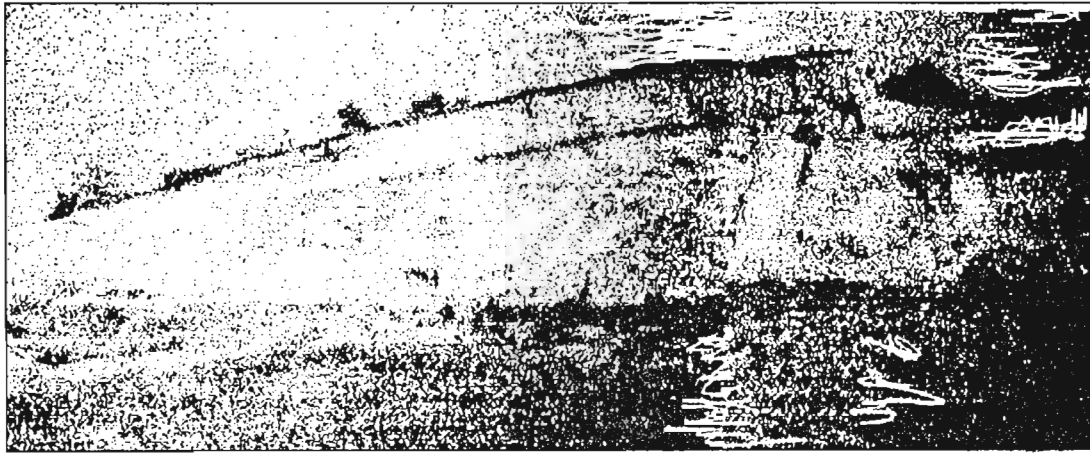
Секвенцијална анализа ових података извршена је методом Fourier-а и спектралном анализом. Код прве методе издвојене су четири компоненте из сваке од серија посматраног лесног профила: сезонска компонента (означена са St), компонента тренда (Tt), компонента цикличности (Ct) и компонента случајне грешке или компонента нерегуларности (It). Код друге методе, параметри спектралне анализе свођени су на дужину реалних (измерених) вредности апсолутне старости најстаријих педотворевина код лесног профила Батајнице, ~583 Ка, (M. Zeremski et al, 1991), што одговара трајању од приближно 600 Ка М. Миланковића. Узимајући да су параметри осунчавања Миланковића већ суперпонирани из три циклуса орбиталних промена астрономских елемената, издвојене вредности летње и зимске полугодине за 45° северне хемисфере посматране су, затим, кроз осам (8) класа, *K-means*, статистичком анализом. Добијене класе - центроиди разматране су затим коришћењем одговарајућих рачунских програма са секвенцијалним анализама (временске серије и спектрална анализа) и на тај начин добијено више података и крива, као оквир за тумачење повезаности педогенетских процеса и Миланковићевих циклуса.

Анализом ових кривих, односно добијених података, утврђена је суштинска веза између педогенетских и астрономских параметара, при чему се мање осцилације код старости доминантних циклуса могу приписати утицају локалних фактора педогенезе (ерозија, преталоживање солума секундарне акумулације и сл.), односно "кварењу" слике чистог педогенетског одзива на идеалне вредности промена глобалних вредности климе Миланковића, утицајем секундарних, неклиматских процеса педогенезе.

## УВОД

Лесни профили са секвенцама палеосола (палеоземљишта, сл. 1) дају важне податке о цикличној природи климатских и других промена током квартара. Лес је најважнији матични супстрат за економски најразвијеније типове земљишта Србије. Његово

проучавање, а посебно проучавање палеоземљишта у њима, значајно је за данашњу реконструкцију земљишног покривача, а поређење одговарајућих секвенци палеоземљишта у простору даје одговор на глобалне и регионалне промене климе током квартара.



Сл. 1. Лесни профил код Сталаћа.

Данашња земљишта на лесном супстрату чине черноземи, деградирани черноземи и еутрични камбисоли, FAO-UNESCO (1974), FAO-UN (1995 и 1998). Међутим, Ласкарев (1922, 1926 и 1938), Марковић - Марјановић (1950, 1952, 1957, 1964 и 1972), Александровић (1956, 1957, 1973 и 1974), Бронгер (1970, 1971, 1975 и 1976), Ракић (1985), Протић (1990) и Костић и Протић (1996) налазе већи број фосилних земљишта у оквиру лесних профила Србије. Singhvi et al. (1989), Bronger & Heinkele (1981) и Zeremski et al. (1991) налазе да су најранији седименти палеоземљишта у секвенцама код Старог Сланкамена и Капела - Батајница старости од  $583 \pm 88$  Ка (1 Ка = 1 000 година), тако да проучавање осталих секвенци у односу на ову старост, могу пружити драгоцен оквир за проуча-

вање климатских промена током квартара.

Костић и Протић (1998 и 1999) издавају већи број палеоземљишта у лесним профилима код Сталаћа и Батајнице и на основу педоминеалошких и статистичких анализа утврђују синхронологију палеопедогенезе ових профила, истичући посебно феномен постепене аридизације климе код већине анализованих параметара, а посебно код укупног  $\text{CaCO}_3$  и хидролитичког индекса распадања Thorez (1985 и 1989).

Истраживањем неколико нових лесних профила код Титела (Тителски брег) и код Старог Сланкамена, и укључивањем нових параметара у анализу, у овом раду се делимично заокружује истраживање на транс-



кту око 200 km (од Сталаћа на југу и до Титела на северу) и истовремено разматра повезаност педогенетских процеса код ових лесних профила са променом климе током леденог доба за коју је Миланковић израчунао основне параметре (вредности осунчавања).

## МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ

Узорци су узети из сваког педолошког хоризонта или литолошке јединице код 0,2 - 0,5 интервала или мање (код лесног профила Сталаћа и Батајнице) и ~1,5m интервала (код лесног профила Старог Сланкамена), дајући укупан број од 56 узорака код Сталаћа, 61 код Батајнице (Капела), 25 код Старог Сланкамена и 21 код Титела. Ваздушно суви узорци су пропуштени кроз сито од 2mm и подељени методом четвртања у мање количине подузорака. Физичке и минералолошке анализе урађене су према упутствима А. Клуце (1986). Садржај  $\text{CaCO}_3$  одређен је волуметријски са Scheiblerovim калциметром. Механички састав одређен је просејавањем (фракције >2.00mm) и пипетирањем уз претходну дисперзију загревањем и мућкањем у 0.4 M  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ .

Минералолошки састав укупног узорка добијен је X-ray дифракцијом случајно оријентисаног узорка добијеног млевењем до <10  $\mu\text{m}$  и сушеног мржњењем. Глинене (<2  $\mu\text{m}$ ) фракције одвојене су седиментовањем центрифугирањем и минералолошки анализоване X-ray дифракцијом са Philips дифрактометром коришћењем Ni-филтероване  $\text{Cu K}_\alpha$  радијације и

45 kV волтажног цилиндра. Оријентисани узорци снимани су у опсегу  $2 - 45^\circ 2\theta$  код  $2^\circ \text{min}^{-1}$ , коришћењем  $1^\circ$  отвора снопа и  $0.1^\circ$  отвора за запис. Степен распадутости минерала одређен је, такође, из односа илит/илит + кварц и фелдспат/фелдспат + кварц у основном, тј. укупном узорку.

Ради квантификовања појединих минерала у укупном узорку и глини коришћен је софтверски програм DRX Win 1.4c.

Статистичке анализе података урађене су коришћењем *Statistica for Windows 4.3b* софтверског пакета, (Statsoft Inc., 1996). Анализа временске серије заснована је на познавању четири компоненте: компонента сезоне (означена са St), компонента тренда (Tt), компонента цикличности (Ct) и компонента случајне (random) грешке или компонента нерегуларности (It). Сезонске промене јављају се код правилних интервала, дакле цикличне промене имају дужи трајање од варијација између циклуса. Tt и Ct су комбиноване у јединичну тренд - цикличну компоненту (TCt). Специфичан функционални однос између ових компоненти може задобити различите облике. Међутим, једноставнија могућност је њихово комбиновање у збирну целину тако да је:

$X_t$  (опсервациона вредност код времена T) = TCt + St + It .

Имајући одређено, а приори предзнање о цикличним факторима који утичу на серију догађаја (тј. климатске циклусе), вредности за различите компоненте могу се користити

ради израчунавања функције временског тренда за измерене податке (Davis, 1986). У овом раду код анализе лесних профила коришћени су подаци педоминералолошких истраживања, као и вредности инсолације за 45° северну хемисферу, које је Миланковић добио суперпонирањем три циклуса орбиталних промена, и то:

(1) нагиба осе Земље у односу на осу еклиптике са периодичношћу од 41 000 година;

(2) ексцентрицитета Земљине орбите (периодичност од 109 000 година) и

(3) лонгитуде перихела (прецесија екваторијале осе са периодичношћу од 26 000 година).

Поред тога, подаци лесних профила посматрани су и кроз призму спектралне анализе, као још једног облика секвенцијалне анализе података. Ово је урађено са разлога свођења доминантних педосеквенци у временски оквир Миланковића. Коефицијенти спектралних анализа упоређени су у овом случају са вредностима апсолутног датовања од 583 000 ± 88, (Zeremski et al., 1991) на профилима код Батајнице (Капела), како би се модел ставио у реални временски однос, а са незнатним одступањем од временског оквира датог код Миланковића (600 000 година).

Будући да је Миланковић орбиталне промене већ суперпонирао кроз вредности инсолације за период од 600 000 година, оне су, саме по себи, већ довољне да опишу доминантне климатске циклусе. Ово, такође, важи и за вредности инсолације за временски период од 726 000 година (I. Clark, 1998). Међутим, вредности инсолације одражавају

континуалну, тј. постепену природу климатских промена, ради чега смо у овом раду извршили агрегацију вредности осунчавања у осам класа, надајући се да ће вредности класа - центроида успешније одговарајућу природу педогенетских процеса него сирови подаци инсолације. *K-means* агрегационом анализом обухваћени су подаци М. Миланковића (1941) и посебно подаци И. Кларка (1998). Подаци су агрегирани из вредности инсолације за летњу и зимску полугодину Миланковића (45° северне хемисфере) и летњу и зимску полугодину Кларка (65° северне хемисфере), а затим извршена, за сваку посебно, тренд анализа, као и дијаграмно представљање добијених резултата. У склопу ових анализа рамотрене су и вредности спектралних анализа, са издвајањем доминантних циклуса, а добијене вредности приказане су на дијаграмима.

Вредности из паралелних разматрања код анализа лесних профила коришћене су затим ради поређења са вредностима и одговарајућим дијаграмима из модела Миланковића и Кларка, односно ради дефинисања доминантних климатско - педогенетских циклуса.

## РЕЗУЛТАТИ

На основу резултата анализа механичког састава, садржаја CaCO<sub>3</sub> (%) и минералолошког састава неколико лесних профила Србије, начињен је покушај реконструкције процеса у палеоземљишним творевинама, као оквира за тумачење палеоклимата. Рад се не бави реконструкцијом релативне и апсолутне хронологије стратиграфске структуре лесних профила, већ је оријентисан ка фактографском приказу морфогенезе про-

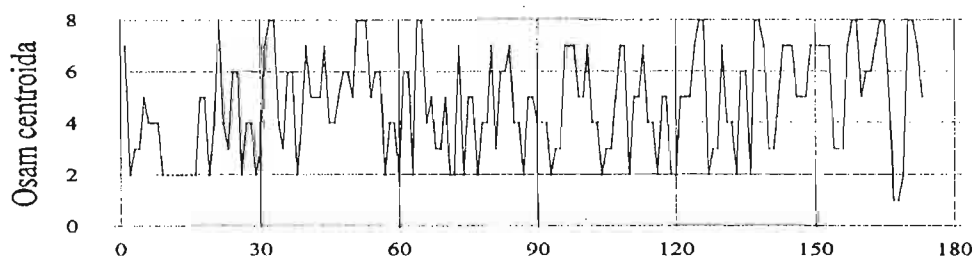
фила и аналитичких резултата. Тумачења су приказана на начин, који омогућује да се сагледа сва сложеност реконструкције палеопедогенезе фосилних земљишта у условима када су ове творевине очуване само у фрагментарном облику.

Ранија истраживања (Костић и Протић, 1998) показала су комплементарност палеопедогенезе са палеоклиматом и то како у погледу степена распаднутости супстрата и процеса испирања карбоната, тако и погледу квантитативних односа између минералošких компоненти, тј. показатеља алтерације.

Да ли постоји комплементарност између палеопедогенетско - страти-

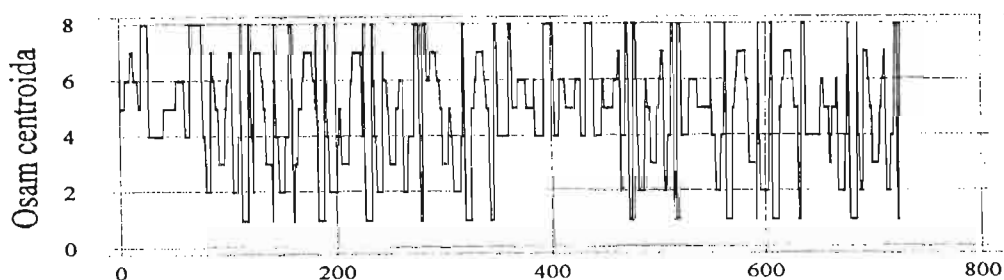
графских и астрономских показатеља промене климе током леденог доба, то је питање овде разматрано паралелном корелацијом података Миланковића и Кларка, са једне и података из лесних профила Србије, са друге стране. *K-means* агрегационом анализом података за инсолацију код Миланковића и Кларка, формирано је осам центроида од којих сваки представља класу податка са специфичним средњим, минималним и максималним вредностима. Анализом временске серије ових центроида - класа добијени су дијаграми временских серија Миланковића (Дијаграм 1) и Кларка (Дијаграм 2).

Временска серија за осам центроида Миланковића (лето 45 + зима 45)



Дијаграм 1.

Временска серија за осам центроида Кларка (ins.65 jul+ ins. 65 januar)



Дијаграм 2.

Затим су из вредности периодограма за периоде и ординате, а код доминантних вредности за ординате, израчунате су вредности доминант-

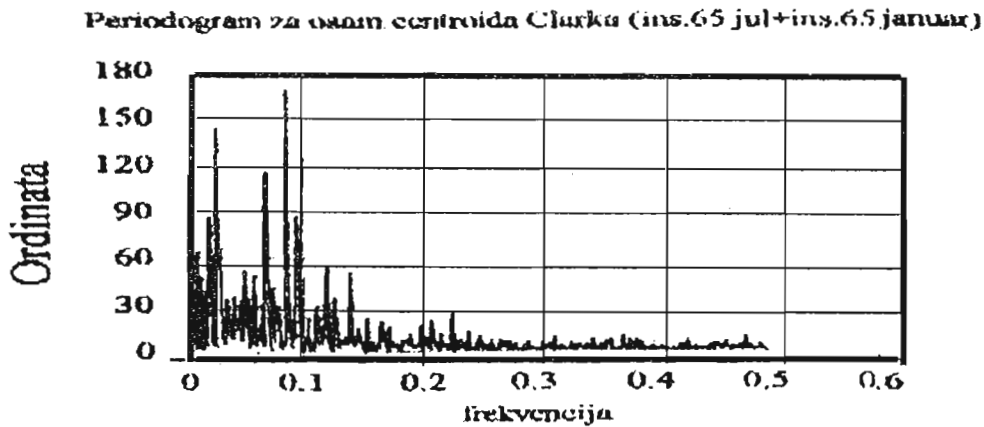
них циклуса које код Миланковића износе: 378 800; 126 270; 84 180; 68 870; 54 000; 47 350; 39 870; 36 080; 29 140 и 25 250 година, а

код Кларка: 363 000; 121 000; 90 750; 40 333; 25 034; 22 000; 19 105; 14 520 и 11 524 година. Према томе, вредности Миланковића и Кларка поклапају се у битним годинама промене орбиталних вред-

ности планете Земље (циклуси око 100 000, 41 000 и 26 000 година). На дијаграму 3. приказан је периодограм Миланковића, а на дијаграму 4. периодограм Кларка.



Дијаграм 3.



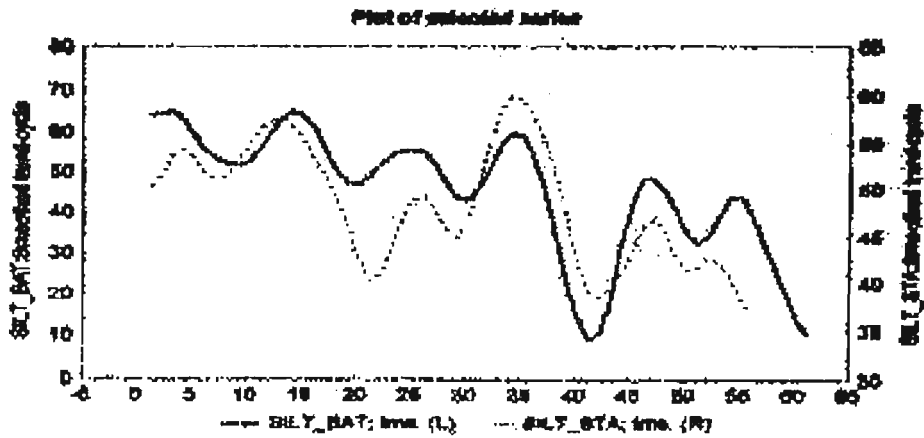
Дијаграм 4.

Проучавање палеопедолошких појава у квартарним седиментима показало је и до 9 добро развијених палеопедогених комплекса у лесним профилима Србије. Неопходност корелације палеоземљишта као и одговарајућег леса довео је до примене циклостратграфских метода у истраживању палеопедолошких појава. Први радови на корелацији палеоземљишта из лесних профила код Батајнице (Капела) и код Сталаћа уз помоћ методе сезонске декомпози-

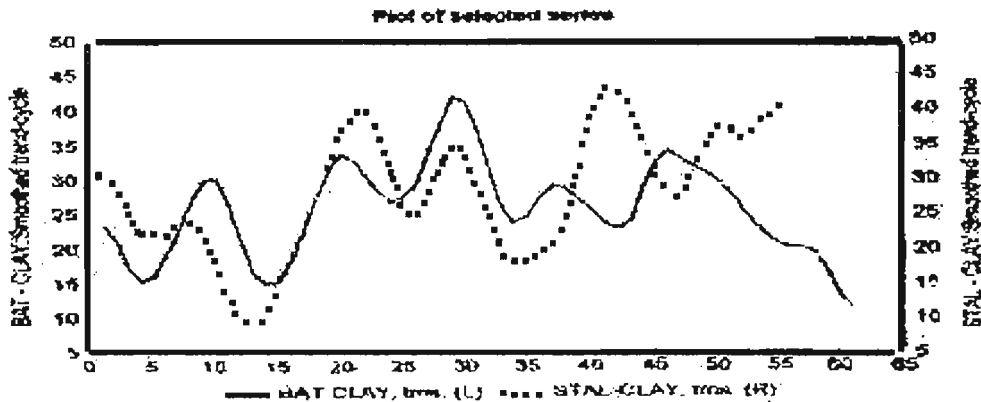
ције (дијаграм 5) показали су веома добро слагање кривих поравнатих тренд - циклуса промена садржаја праха у истраживаним профилима (Костић и Протић, 1999). Не само да су амплитуде кривих поклапају већ и показују знатну фазну крос - асоцијацију. Сличне криве урађене су и за садржај глине у истим профилима, које показују велике сличности, али и мање разлике због локалних утицаја (дијаграм 6). Поменута два пара кривих показују,

такође, лако уочљив тренд повећања садржаја праха и смањења садржаја глине у испитиваним профилима. То се једино може објасни-

ти лаганом аридизацијом климе у подручју наше земље у последњих 600 000 година.



Дијаграм 5.



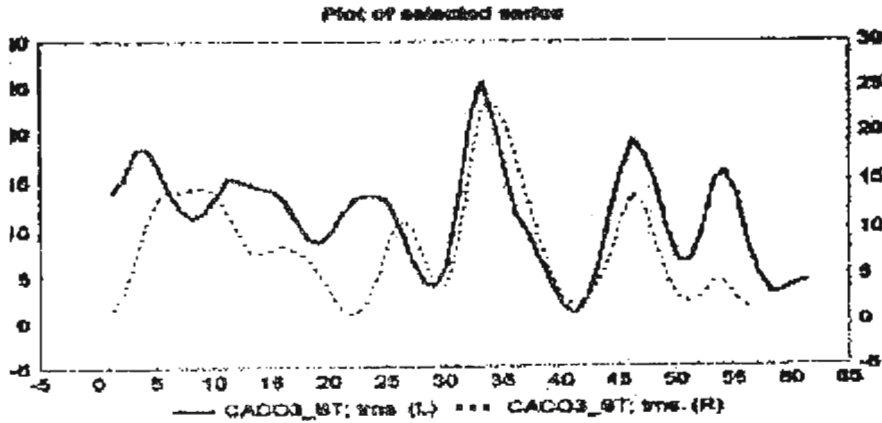
Дијаграм 6.

Сличне тенденције показују и криве поравнатих тренд - циклуса промена садржаја калцијум карбоната у лесу (дијаграм 7), као и однос илита према суми илита и кварца или однос фелдспата према суми фелдспата и кварца (дијаграм 8), које показују сличан генерални тренд пораста, потврђујући предходне налазе из односа праха, глине и садржаја карбоната о константном тренду аридизације.

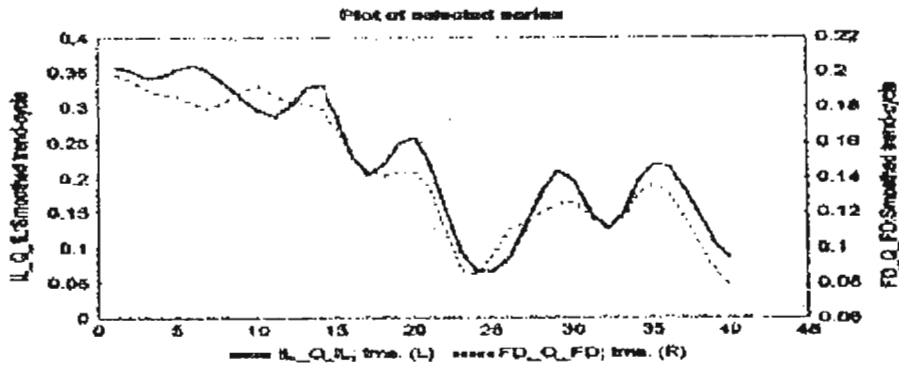
Даља истраживања палеоземљишта из лесних профила код Старог Сланкамена и код Титела показала су сличне промене. Упоредивањем кривих поравнатих тренд - циклуса промена садржаја глине у палеоциклима код Титела и Старог Сланкамена (дијаграм 9) показала су веома добру корелацију амплитуда и фаза промена циклуса, што се и очекивало, јер су та два профила веома блиско лоцирана па неке веће

локалне разлике нису могле да се одразе на кривама. Међутим, упоређивање кривих поравнатих тренд - циклуса промена садржаја глина у профилима код Батајнице (Капела) и код Старог Сланкамена (дијаграм 10) показало је добру корелацију амплитуда и фаза само у доњем делу профила, док фазна корела-

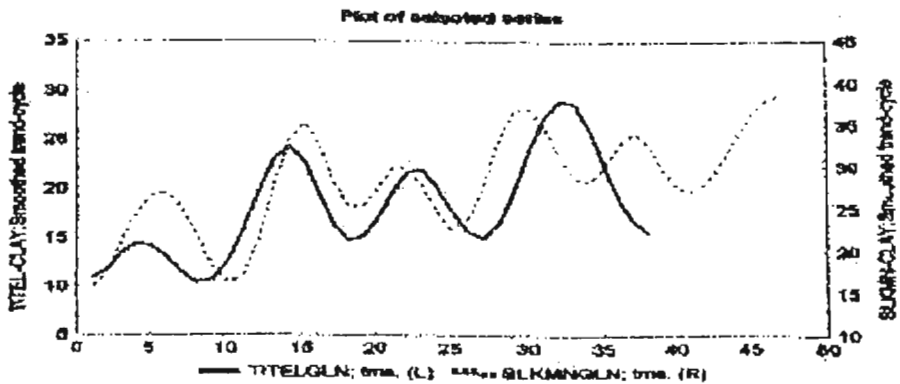
ција изостаје у горњем делу профила иако су амплитуде колебања приближне по величини. То се може објаснити неуједначеним узорковањем на вишим деловима профила због велике стрмине и неприступачности местима за узорковање на терену.



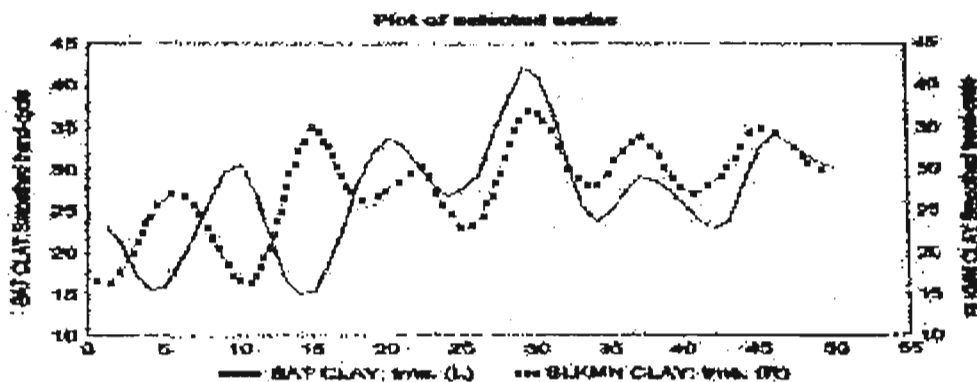
Дијаграм 7.



Дијаграм 8.



Дијаграм 9.



Дијаграм 10.

У жељи да се утврђене промене проуче у светлу Миланковићевог Канона осунчавања покушало се помоћу Fourier-ове спектралне анализе добијених резултата и њиховог упоређивања са резултатима промена орбиталних параметара из Croll - Миланковићевог LAB - 5 Интернет фајла података (И. Кларк, 1998).

Претходно је извршена Fourier-ова спектрална анализа садржаја честица праха у профилу Батајница (Капела), која је за временски интервал 583 000 година (Zeremski et al., 1991) показала више значајних пикова на фреквенцији 0.0500; 0.1000; 0.1667; 0.2167; 0.2833 и 0.3667 односно 194, 97, 58, 45, 34 и 26 хиљада година. Добијени периодограм и дијаграм спектралне густине представљени су на дијаграмима 11 и 12. Вредности од 97 000, 45 000 и 26 000 година су веома индикативне за однос који одговара 100/41/26 претпостављеним таласним дужинама Миланковићевог Канона осунчавања. Постојеће разлике вероватно су настале као последицом начина узорковања са интервалом од 0.2 - 0.5 m, као и да су детектовани извесни хијатуси у седиментацији, који могу бити локалног значаја. Према доследњим информа-

цијама, које би овде морали поминути, кинески геолози и палеопедолози настављају са узорковањем 400 m моћног профила леса на обалама реке Јангцекјанг са интервалима од 3 cm по узорку.

#### ЗАКЉУЧАК

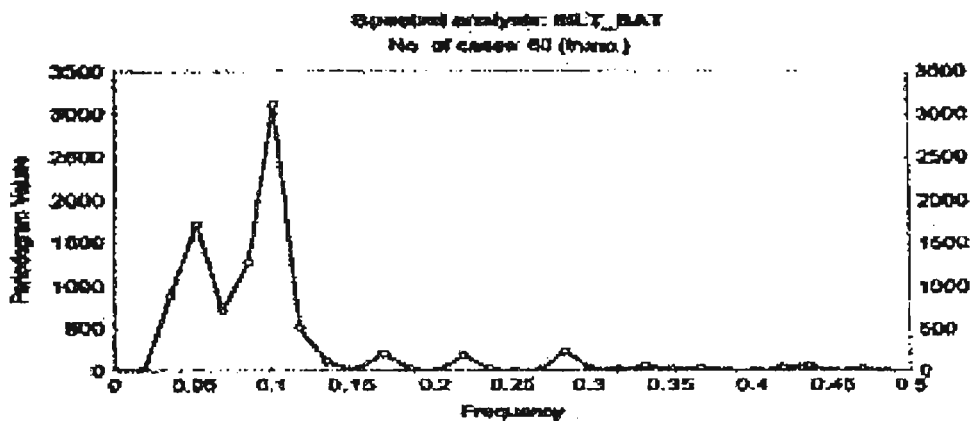
Резултати истраживања лесних профила Србије на трансекту Сталаћ - Батајница (Капела) - Стари Сланкамен - Тителски Брег могу се уз извесне корекције морфогенетских и стратиграфских односа пренети на већи део, сличних палеопедогенетских творевина југоисточне Европе. Упоредивање добијених резултате на овим локалностима са резултатима проучавања сличних профила широм Европе можемо констатовати следеће:

- Глобални климатски параметри, односно индекси алтерација указују да су лесни профили Србије значајни за проучавање везе између карактеристичних средњоевропских палео профила и квартарних еолских творевина Југоисточне Европе - Грчке (R. Paere, 1982).

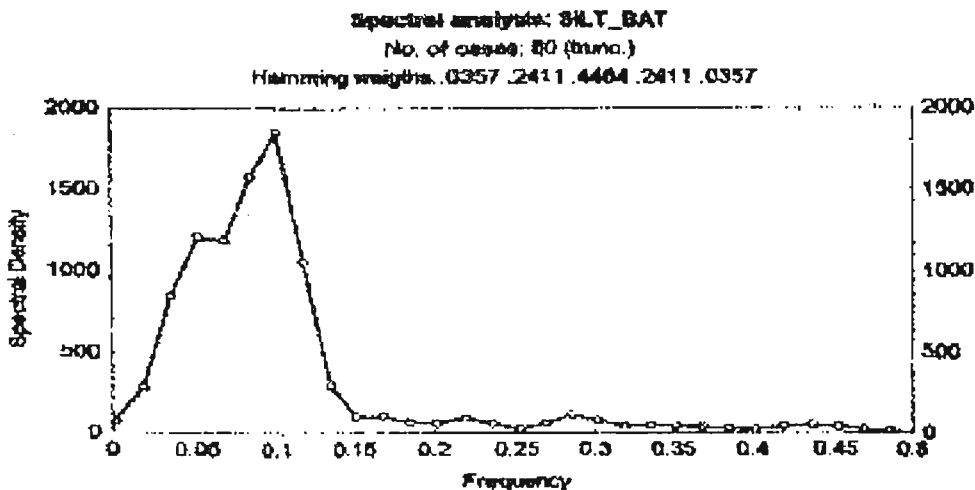
- Профили код Батајнице (Капела), и Сталаћа, претстављају најјужније

палеопедолошки и педоминаралошки проучене профиле Србије, који одговарају јужној варијанти периглацијалног подручја, и као такви, сматрамо, заслужују већу пажњу у будућим детаљним истраживањима.

– Временске серије Миланковића и Кларка се поклапају у доминантним циклусима промене орбиталних вредности и, истовремено, са циклусима добијених анализом лесних профила.



Дијаграм 11.



Дијаграм 12.

## ЛИТЕРАТУРА

- АЛЕКСАНДРОВИЋ Д. 1956: Покушај класификације леса и лесоних седимената у Подунављу и Поморављу. Земљ. и биљка. Год V, но. 1-3, Београд.
- АЛЕКСАНДРОВИЋ Д. 1957: Литолошке особине леса у Поморављу. Земљиште и биљка. Год VI, но. 1, Београд.



- АЛЕКСАНДРОВИЋ Д. и др. 1973: Прилог познавању садржаја и распореда монтморијонита у земљиштима Војводине. Земљ. и биљка, вол 22, но. 2, Београд.
- АЛЕКСАНДРОВИЋ Д. 1974: Прилог упоредном проучавању леса Војводине и Поморавља. Земљ. и биљка, вол. 23, но. 1, стр. 87-96, Београд.
- BRONGER A. 1970: Zur Mikromorphologie und zum Tonmineralbestand von Boden ungerischer Lossprofile und ihre paleoklimatische Auswertung. Eiszeitalter u. Gegenwart. Band 21, Ohringen/Wurt.
- BRONGER A. 1971: Zur Genese und Verwitterungsintensitat fossiler Lossboden in Jugoslavien. Paleopedology of Paleosoils. Symp. Amsterdam 1970. (D. H. Yaalon ed.), Jerusalem.
- BRONGER A. 1975: Paleoboden als Klimazeugen-dargestalt an Loss-Abfolgen des Karpatenbeckens. Eiszeitalter u. Gegenwart. Band 26, Ohhringen/Wurt.
- BRONGER A. 1976: Zur Quartaren Klima und Landschaft entwischlung desKarpatenbedeckens auf paleopedologischer Grundlage. Kieler Geogr. Schr. 45. p 1-269.
- BRONGER A. & HEINKELE T. 1989: Paleosol Sequences as Witnesses of Pleistocene Climatic History. Catena Supplement 16. p 163 - 186.
- CLARK I. 1998: Croll-Milankovich, LAB - 5 Internet file, University of Ottawa- Eart Sciences Dept. directory.
- DAVIS J. C. 1986: Statistics and Data Analysis in Geology. John Wiley & Sons, New York, Toronto. Second ed.
- FAO-UNESCO 1974: Soil Map of the World, 1: 5Mill. Vol I, Legend. Paris.
- FAO-UN. 1995: Global and national soils and terrain digital databases (SOTER), Procedures Manual, Word Soil Resources Reports, 74 Rev.1.
- FAO-UN. 1998: World reference base for soil resources, World Soil Resources Reports 84, Rome.
- KLUTE A. (ED.) 1986: Methods in Soil Analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. 2nd adition, Agronomy no. 9, Am. Soc. Agron., Medison, WI.
- КОСТИЋ Н. И ПРОТИЋ Н. 1996: Палеопедогенетски елементи у лесним профилима Србије Научно-истраживачки скуп са међународним учешћем. Геонаслеђе Србије, стр. 8, Нови Сад.
- КОСТИЋ Н. И ПРОТИЋ Н. 1998: Климатске промене и ритам земљишта, Флогистон год. 4, бр. 7, стр. 309-322.
- KOSTIĆ N. & PROTIĆ N. 1998: Pedological and mineralogical study of loess profiles at Kapela -Batajnica and Stalać, Serbia, Catena, Ed. Rob Kemp and John Catt, Elsevier Science, p.1-15( in press).
- LASKAREV V. 1922: Sur le loess des environs de Belgrade. Geol. Anali Balk. Pol., knj. VII, sv 1. Beograd.
- LASKAREV V. 1926: Deuxieme note sur le loess des environs de Belgrade. Geol. Anali Balk. Pol., knj. VIII, sv. 2, Beograd.
- ЛАСКАРЕВ В. 1938: Трећа белешка о квартарним наслагама у околини Београда. Геол. анали Балк. пол., књ. XV. Београд.
- МАРКОВИЋ-МАРЈАНОВИЋ Ј. 1950: Прилог за геолошку грађу Тителског брега. Зборник радова Геол. Инст. САН, књ. I. Београд.
- МАРКОВИЋ-МАРЈАНОВИЋ Ј. 1952: Лесне оазе Сталаћке клисуре. Гласник Срп. геогр. др., св. XXXII, бр 2. Београд.
- МАРКОВИЋ-МАРЈАНОВИЋ Ј. 1954: Лесни профили на десној обали Дунава код Нештина. Зборник Мат. срп., Серија прир. наука, књ. 7, Н. Сад.
- МАРКОВИЋ-МАРЈАНОВИЋ Ј. 1957: Лесне оазе у сливу јужне Мораве. Гласник Српског географског друштва. бр. 2., св. 37., стр.103-116., Београд.
- MARKOVIĆ-MARJANOVIĆ J. 1964: Le loess en Yugoslavie. Report of the VI International Congress on Quarternary, 4. Lodz, p. 551 - 570.

- МАРКОВИЋ-МАРЈАНОВИЋ Ј. 1972: Могућност одређивања релативне хронологије типова земљишта Југославије. Земљ. и биљка, вол. 21, но. 2, Београд.
- MILANKOVITCH M. 1941: Kanon der Erdbestralung und seine anwendung auf des Eiszeitproblem. Konglich Serbische Akademie, Belgrad.
- РАЕРЕ R. 1982: Continental stages of Greece. INQUA newsletter No 4, Striolae 1982:, p16-22.
- ПРОТИЋ Н. 1990: Палеопојаве у земљиштима Србије. (док. дис.), Шумарски фак., Сарајево.
- PROTIĆ N., KOSTIĆ N. & ANTONOVIĆ G. 1995: Pedogenetic processes in some loess paleoprofiles from Serbia. Soil and Plant (Yu). vol. 44, no. 3, pp. 163 - 175.
- РАКИЋ М. 1985: Квартарни седименти јужног Баната - регионални преглед. Завод за геол. и геофиз. истраж. Весник, књ. XLIII, сер. А, Београд.
- SINGHVI A. K., BRONGER A., SAUER W, & PANT R.K. 1989: Thermoluminescence Dating of Loess-Paleosol Sequences in the Carpathian Basin (East-Central Europe): a Suggestion for a Revised Chronology. Chem. Geology (Isotope Geosci. Sect.), 73, pp. 306-317.
- THOREZ J. 1985: Argillogenesis and the Hydrolysis Index. Miner. Petrogr. Ac Vol. 29-A, pp. 313-338.
- THOREZ J. 1989: Claygeology, a paleoclimatic tool for Quarternery series? INQUA newsletter No 4, Striolae 1982:, p10-16.
- ЗЕРЕМСКИ М., МАРУСЦАК Х. И БУТРИМ Ј. 1991: Проблеми хроностратиграфије леса Војводине. Зборник Геогр. инст. Ј. Цвијић, САНУ, књ. 43, 17-33.



Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 75 - 87, Београд

## ПРОФЕСОРИ МИЛАНКОВИЋ И ЋУЛУМ - ЈЕДАН ИСТИ ПОГЛЕД

Владо Милићевић<sup>1,2</sup> и Мирослав Старчевић<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Геоинститут, Ровињска 12, Београд

<sup>2</sup>Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, Београд

Један од визионара који је схватао да Сунчева енергија може да се користи и задовољи човекову сталну потребу за енергијом био је професор Живојин Ћулум. И не само то: професор Ћулум је већину својих замисли спроводио у дело, а једна од многобројних била је веза са математичким прорачунима количине осунчавања које је великан наше науке Милутин Миланковић срачунао за последњих 600 000 година. Математички апарат којим се користио Миланковић и сви релевантни астрономски елементи (прецесија, промена нагиба осе ротације и ексцентрична путања Земље око Сунца) имају планетарни и универзални карактер, а пројекција дата од стране Миланковића или математички поглед у климу квартара, да је тако назовемо, истовремено је и поглед у садашњост, али и будућност наше планете и живог света на њој. Све то професор Ћулум је изванредно добро схватао и зато није изненађење што се својевремено интензивно залагао да Сунчеви колектори, који су били пројектовани да загревају Нови Сад

и ширу околину, неизоставно треба да буду постављени тако да "поштују" Миланковићеве законитости осунчавања.

Са жаљењем морамо да констатујемо да коришћење Сунчеве енергије још није остварено у довољној мери нити су у том погледу предузети радикалнији кораци. Бржа динамика коришћења није у потпуности развијена, иако је данас јасно да је основ једне савремене државе здрава животна средина. Осунчавање и коришћење Сунчеве енергије нуди баш то - потпун еколошки темељ и то је, може се сасвим поуздано рећи, између осталог, била заједничка премиса обојице професора (Milankovitch, 1941; Ћулум, 1982).

Ипак, нада увек постоји. Са великим задовољством морамо да констатујемо да је на острву Криту, том симболу једне давне цивилизације чији су корени делимично пренети у хеленску, а затим и хеленистичку културу, започет пројекат изградње највеће соларне електране на свету (по

подацима из часописа Europe Energy, 494, 1997). Електрана ће бити снаге 50 MW, покриваће потребе популације од око 100 000 људи, а планиран завршетак радова је 2003. година. Када буде завршена биће већа и од фотогалванске соларне електране у Италији чија је снага 3,3 MW, позната као највећа на свету. Критска ће, дакле, бити петнаест пута веће снаге од било које савремене!

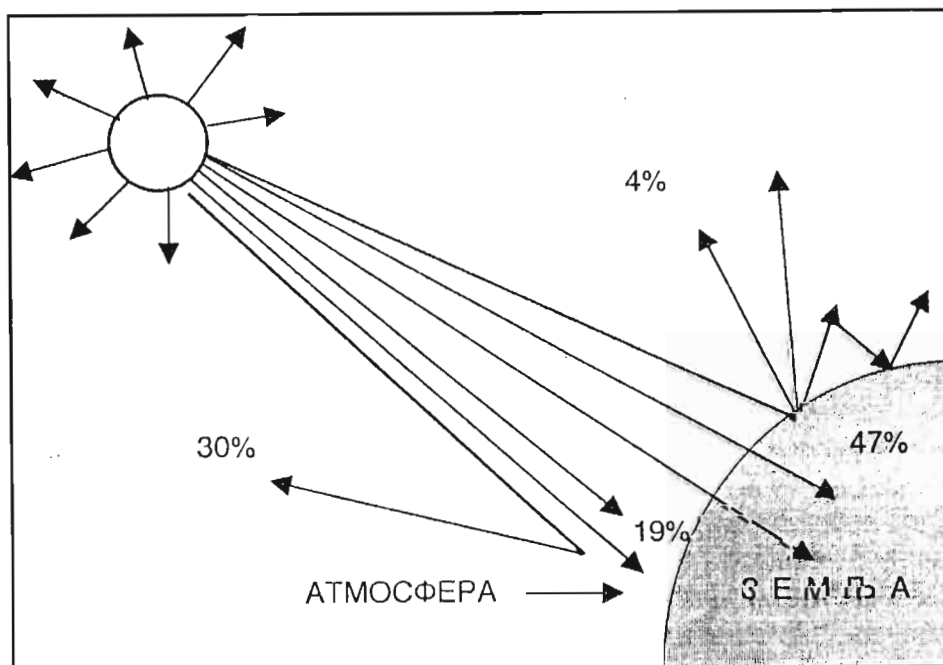
Дело *Канон осунчавања Земље и његова примена на проблем ледених доба* којим је дефинитивно заокружен Миланковићев дугогодишњи рад на проблему климе, послужило је професору Ђулуму да одатле црпи значајне податке за рад на коришћењу соларне енергије.

Сунчево зрачење које доспева до Земље, на свом средњем путу дугом око  $149,6 \cdot 10^6$  километара (=једна астрономска јединица), делом бива израчено у интерпланетарни про-

стор. Ако занемаримо ту чињеницу која је из домена физике и астрофизике и као полазну основу узмемо да је до горњих слојева атмосфере доспело 100% Сунчевог зрачења, тада имамо следећу ситуацију:

- ✧ од горњих слојева атмосфере рефлектује се 30% зрачења, враћа у интерпланетарни простор и трајно губи;
- ✧ атмосфера као корпускуларна средина апсорбује 19% зрачења;
- ✧ Земљина површина рефлектује 4% зрачења и уколико нема ефекта "стаклене баште" трајно се губи у космичким просторствима.

Према томе, лако је закључити да од 100% доспелог Сунчевог зрачења до горњих слојева атмосфере само 47% продире до Земљине површине, даље се конвертује у загревање и користи у најразличитије сврхе, термалног или трансмисионог карактера (сл. 1).



Сл. 1. Рефлексија, апсорпција и загревање Земље Сунчевим зрачењем као доминатни фактори у коришћењу соларне енергије.

Проблем загревања чврсте површине (литосфере) или водене површине (хидросфере) нећемо детаљније разматрати. То је превасходно задатак геологије, пољопривреде, шумарства и екологије када се ради о литосфери или метеорологије, биологије и екологије када је реч о хидросфери.

Сунчева зрачна радијација нема равномерно распоред и у функцији је читавог низа фактора који доминирају са вишим или нижим степеном дејства. Значајан чиниоц у том погледу је географска ширина коју је Миланковић равноправно третирао као и нагиб еклиптике, ексцентричност Земљине путање, лонгитуду перихела и соларну константу. Према томе, географска ширина се јавља као секуларан фактор иако се мора имати у виду да су се Миланковићеви прорачуни односили на релативно кратко геолошки посматрано време од 600 000 година.

Добро је познато да распоред континента и мора на Земљи није увек био исти; њихови међусобни односи мењаће се и у будућности. На тако нешто указују геофизика, астрономија, сателитска геодезија и друге науке. Самим тим и географска ширина места губи садашњи значај, о чему ће се неизоставно морати водити рачуна. Овим смо се у суштини само послужили Миланковићевом нумери-

чком секуларном путањом полова ротације чију је трајекторију наш научник математички срачунао још 1933. године, а каснија геофизичка истраживања модификовала у појединим сегментима (микроконтинентима или теранима, Миллћевић, 1997а; Милићевић, 1997б).

Осунчавање појединих делова Земљине површине зависи од географске оријентације, густине вегетативног покривача, боје стена, величине зрна у стенама, надморске висине, климе и метеоролошких услова, степена ерозионог дејства итд. Ти фактори понекад могу бити локалног, а много је значајније уколико су регионалног карактера, јер су тада незаобилазни када се проучавају са аспекта коришћења Сунчеве енергије.

Посматрајмо пети одељак Миланковићевог *Канона осунчавања Земље који носи назив Однос између осунчавања и температуре Земље и њене атмосфере. Математичка клима Земље*, а који је истовремено био полазна основа професору Ђулуму за истраживање практичне примене Сунчеве енергије. У том одељку Миланковић на основу Буге-Ламбертовог закона о проласку Сунчеве светлости кроз танак слој атмосфере даје једначину за рачунање количине осунчавања било које географске ширине:

$$W' = \frac{T}{2\pi} \cdot \frac{J_0}{\sqrt{1-e^2}} \int_{\lambda'}^{\lambda''} d\lambda \int_{-\psi_0}^{+\psi_0} p^{\sec z} \cos z \cdot d\psi_1 \quad (1)$$

где је:

$W'$  - количина атмосферског утицаја која слаби осунчавање Земље у

току астрономских годишњих доба;

- $T$  - време обилажења Земље око Сунца;
- $J_0$  - соларна константа;
- $e$  - ексцентричност релативне Сунчеве путање у односу на Земљу;
- $\lambda' - \lambda''$  - граница интервала лонгитуде Сунца на релативној еклиптици око Земље;
- $\lambda$  - стварна геоцентрична лонгитуда Сунца;
- $-\psi_0, +\psi_0$  - централне угловне тачке у којима је осунчавање једнако нули;
- $p$  - део Сунчевог зрачења који доспева до Земљине површине при управном продору кроз атмосферу;
- $z$  - угао Сунчевих зрака и нормале за проучавани део Земљине површине и
- $\psi_1$  - географска дужина проучаваног места.

Наведени образац (1) омогућио је рачунање количине осунчавања одабраног дела Земљине површине уз увођење параметара слабљена тог ефекта под утицајем атмосферског слоја. Уз кориговање соларне константе са вредности  $1,94 \text{ gcal/cm}^2\text{min}$  на 2, Миланковић је рачуницу још више поједноставио. Ангоове (1885) нумеричке трансмисионе коефицијенте 0,6; 0,7; 0,8 и 0,9 побољшао је корекцијама које проистичу из Земљине ексцентричне путање око Сунца и све то приказао табеларно. Резултате тих прорачуна користио је и професор Ђулум, а оно што сматрамо обавезним за представљање јесте дијаграм количина осунчавања за различите вредности  $p$ .

Из дијаграма на сл. 2 и 3 јасно се уочава да је разлика између астрономских полугодина или количина осунчавања које продиру кроз атмосферу и допиру до Земљине повр-

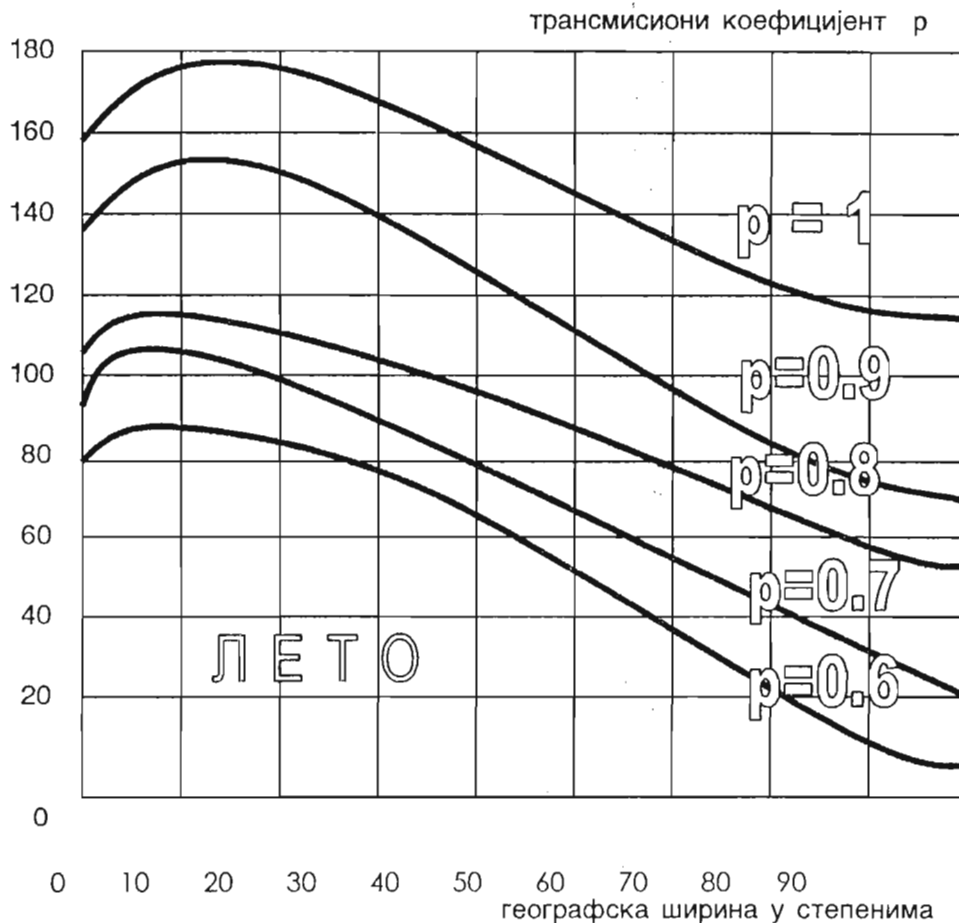
шине изразито неравномерне у летњем и зимском периоду.

У летњој полугодини чак имамо апсурд да је веће осунчавање на географским ширинама између  $20 - 30^\circ$  него на екватору. Миланковић је срачунао да те разлике износе од 10 до 13 без обзира о којој вредности трансмисионог коефицијента се радило. На нижим географским ширинама количина осунчавања пада, а на  $40^\circ$  изједначава се са осунчавањем на екватору. На нашим географским ширинама, између  $43 - 46^\circ$  у периоду летње полугодине оно је незнатно слабије од екваторијалног што итекако треба много да значи. Овим се, наима, недвосмислено намеће закључак о великом значају коришћења Сунчеве зрачне енергије која доспева до површине Земље.

Из дијаграма са сл. 2. запажа се да са порастом трансмисионог коефицијента расте и количина осунчавања. Са смањењем  $p$  тај утицај се испољава тако што више географске ширине долазе у неповољан положај, каже Миланковић. Уколико посматрамо  $p = 0,6 - 0,9$  на полу, запазићемо да за сваки трансмисиони коефицијент разлика расте између  $16 - 30$ . На екватору се разлике скоро и не уочавају, у границама су између  $17 - 20$ , док је на географским ширинама од  $45^\circ$  од  $19 - 24$ .

У периоду зимске полугодине количина осунчавања пропуштена до Земљине површине опада са порастом географске ширине (сл. 3). Неповољан тренд је изражен већ на  $30^\circ$  где првобитна вредност осунчавања опада за 50% без обзира који се трансмисиони коефицијент узима у обзир. На полу је осунчавање једнако нули, а при  $p = 0,7$  пол чак и у време солстиција прима мање директног осунчавања него било која

друга географска ширина (Milankovitch, 1941). На  $45^\circ$  вредност првобитног осунчавања опада чак за 75%.



Сл. 2. Дијаграм осунчавања летње полугодине за различите вредности трансмисионог коефицијента.

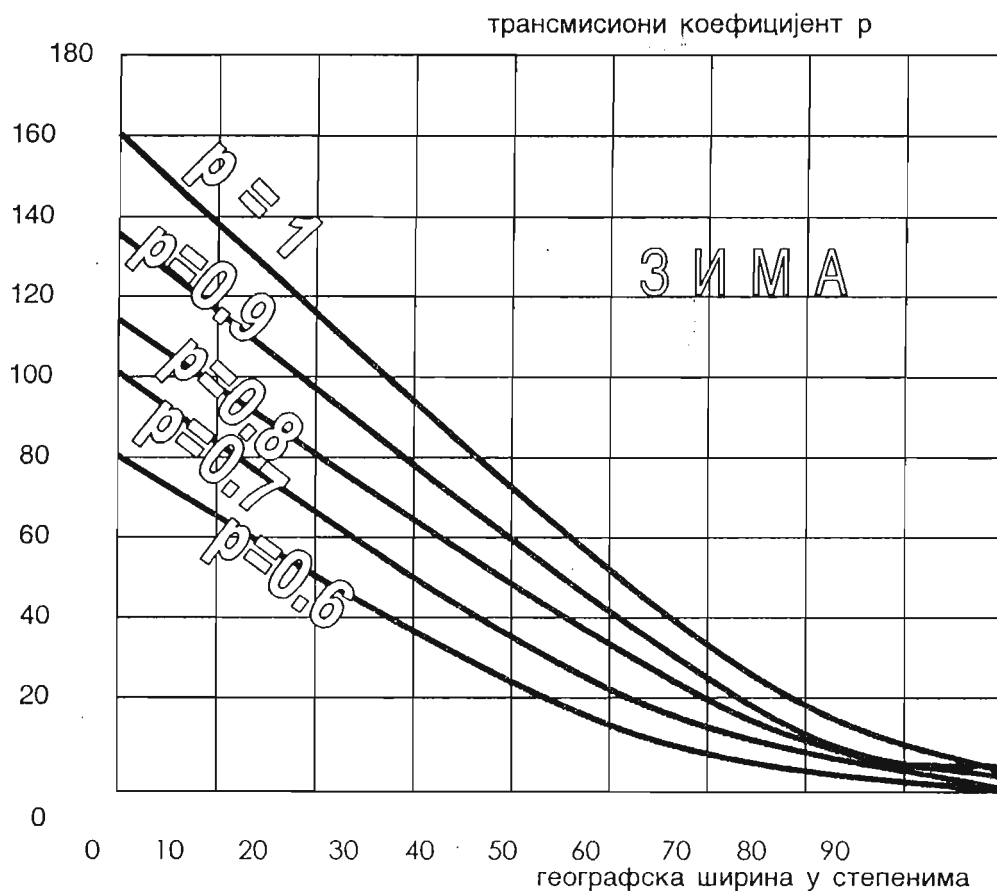
У периоду зимске полугодине количина осунчавања пропуштена до Земљине површине опада са порастом географске ширине (сл. 3). Неповољан тренд је изражен већ на  $30^\circ$  где првобитна вредност осунчавања опада за 50% без обзира који се трансмисиони коефицијент узима у обзир. На полу је осунчавање једнако нули, а при  $p = 0,7$  пол чак и у време солстиција прима мање директног осунчавања него било која друга географска ширина (Milankovitch, 1941). На  $45^\circ$  вредност првобитног осунчавања опада чак за 75%.

Пети одељак Миланковићевог *Канона осунчавања Земље* послужио је професору Ђулуму да у даљем поступку израчуна потребне величине за практичну и ефикасну примену Сунчеве енергије за Нови Сад и околину. Резултати, међутим, могу бити корисни и за друге просторе, а ту, пре свега, мислимо на области око Доњег Милановца, Беле Цркве и Вршца где је по метеоролошким подацима констатован највећи број сунчаних дана у току године.

Посебна вредност Ђулумових прорачуна су подаци о оптималном нагибу соларног колектора изражени у сте-

пенима (Ђулум, 1982). Из њих уочавамо да је у време пролећног и јесењег еквиноција за Нови Сад, који је нешто мало северније изнад  $45^\circ$  северне географске ширине, најповољнији нагиб колектора управо  $45^\circ$ . У време летњег солстиција када обда-

ница траје нешто више од 15 часова оптимални нагиб колектора је  $22^\circ$ , а у време зимског солстиција са обданицом већом од 8 часова најповољнији угао је  $68^\circ$ . На овај начин предочена је неопходност варијанте мобилног Сунчевог колектора.



Сл. 3. Дијаграм осунчавања зимске полугодине за различите вредности трансмисионог коефицијента.

Када се оптимални угао соларног колектора прикаже у функцији укупног дневног осунчавања за различите вредности трансмисионог коефицијента  $r$ , добија се дијаграм као на сл. 4.

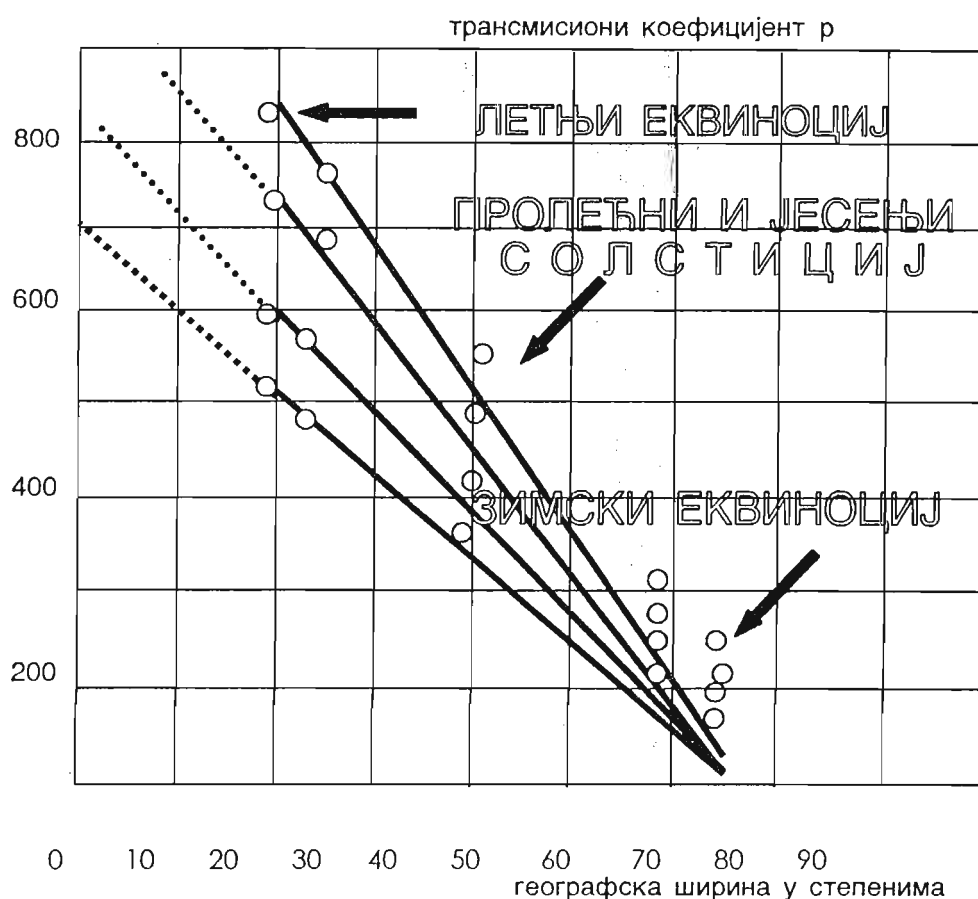
Из приложеног дијаграма уочљива је линеарна расподела вредности дневног осунчавања Земље и оптималног нагиба соларног колектора код сва четири случаја трансмисионог коефицијента атмосфере од 0,6 -0,9.

Посматрано од зимског до летњег еквиноција права се покорава податку пролећног и јесењег солстиција, а оптимални нагиб опада од  $68^\circ$  до  $22^\circ$ . Оптимални нагиб соларног колектора је у обрнутој сразмери са вредношћу коефицијента  $r$  и супротно. Максимална вредност трансмисионог коефицијента изражена у време летњег солстиција одговара минималној вредности нагиба соларног колектора.



Приказани дијаграм има шири значај, јер је инструктиван и за друге просторе, тј. помоћу њега као и Миланковићевих нумеричких података може се одредити осунчавање сваког места на Земљиној површини, каже професор Ђулум. Уколико наше разматрање базирамо само на територију Србије и генерализујемо на географске ширине од 43 до 46°, тада запажамо следеће:

- незнатно се мења оптимални нагиб соларног колектора за максимално 3 - 4°, посматрано по истим датумима и
- вредности трансмисионог коефицијента  $p$  варирају од 50-500 ( $p=0,6$ ); 100-600 ( $p=0,7$ ); 100-700 ( $p=0,7$ ) и 200-900 ( $p=0,9$ ).



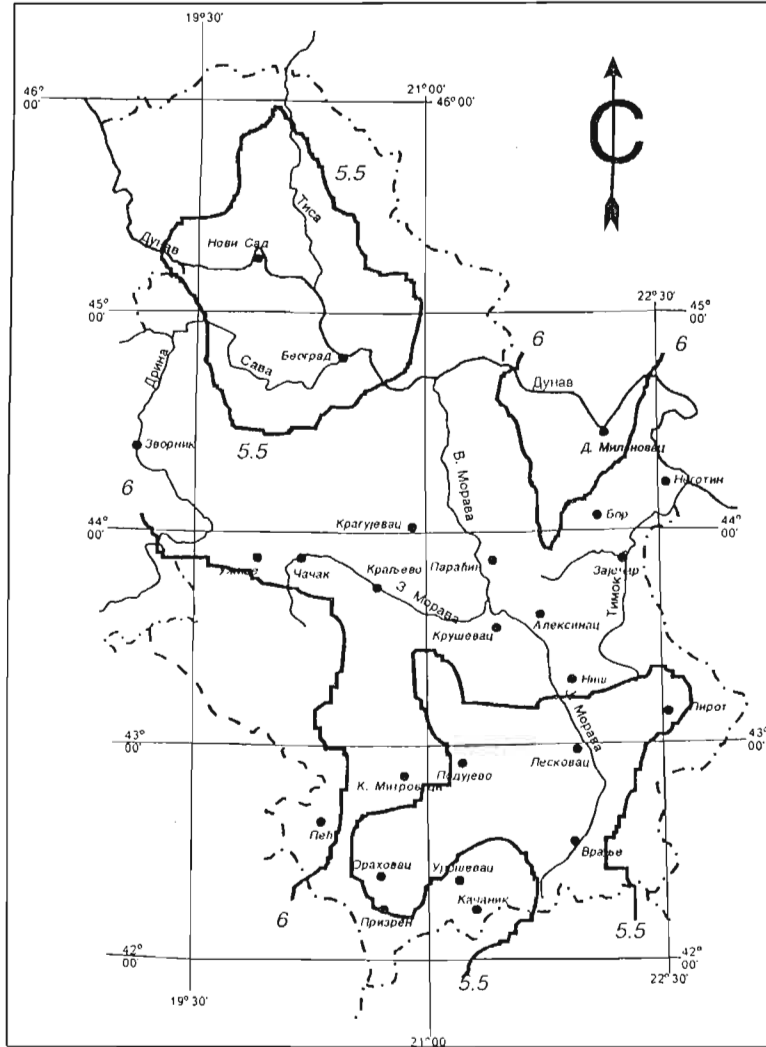
Сл. 4. Дијаграм укупног дневног осунчавања Земље при различитим вредностима трансмисионог коефицијента  $p$  и оптималног нагиба соларног колектора.

Дијаграм са сл. 4. може бити допуњен картом средње облачности. Овим се практично поставља добра подлога за рејонизацију и селекцију перспективних подручја са аспекта искоришћавања Сунчеве енергије. Једна таква карта је Атлас климе

Југославије на којој се уочава да је средња облачност 5,5/10, а да је повећана 6/10 у долини Дунава у пределу северно од Ртња у источној Србији, као и у планинским пределима југозападне Србије (сл. 5).

На приложеној карти Нови Сад и шира околина имају испод 5,5/10 сунчаних дана што у потпуности потврђује исправност прорачуна и теоријску основу професора Ђулума о значају коришћења Сунчеве енергије у овом делу Србије. Београд, Зрења-

нин, Бечеј, Фрушка гора као и делови Посавине, такође, се налазе у овом перспективном појасу. Јужни делови Србије и простори између Врања, Лесковца, Подујева, Ораховца и Приштине припадају истој категорији.



Сл. 5. Карта облачности територије Србије.  
(према подацима Атласа климе СФРЈ, статистички обрађени подаци  
за период 1951-80 и 1961-90).

У последње две деценије двадесетог века као један од значајних проблема пред којим човечанство и развој цивилизације мора најозбиљније да размишља јесте глобално загревање. Деструктивним и, пре свега, неконтролисаним односом према природним условима, човек је нару-

шио равнотежу која је стварана у вишемиленијумском периоду и тиме створио такве услове који су се као бумеранг неповољно вратили. На ефекат "стаклене баште" и озонску рупу надовезује се појачана Сунчева активност чиме је клима на Земљи у великој мери поремећена, а самим

тим средња годишња температура, падавине, влажност и друге метеоролошке карактеристике.

Нарушена равнотежа и измењени услови у великој мери негативно утичу на живи свет на Земљи. Сем тога, сматра се да повећан број оболелих од различитих врста болести (карцином, сида и сл.) има своје корене у новонасталим односима. Дејство Ел Ниња и Ал Ниње, пополаве, појачана сеизмичка активност и друге појаве, такође, могу бити у истој функцији. Сасвим поуздано 1998. година је карактеристичне по томе; лето на северној хемисфери било је најтоплије у последњих 100 година што није само део природног процеса, већ је у великој мери и одраз човековог негативног утицаја.

Све то, иако временски релативно удаљено од професора Миланковића, а професора Ђулума нешто мање, ипак има везе са обојицом.

Потреба за планским и рационалним коришћењем Сунчеве енергије просто се намеће из њихових радова. Миланковић је највећи део свог радног века посветио проблему осун-

чавања (радећи неуморно од 1912. до 1941. године). Сви математичке прорачуне срачунао је за горње слојеве атмосфере, а затим разматрао у односу осунчавање - температура у случају стационарног и нестационарног осунчавања. Количина зрачне топлоте са Сунца коју прими јединица површине на Земљи изразито је варијабилна вредност, а њено рачунање захтева познавање низа параметара. Математички објаснити и приказати тај податак био је изазов за многе пре Миланковића (Адемар, Стоквел, Крол, Пилгрим), али само је њему припала част и слава као пиониру математичке климе и климатског моделирања.

Истовремено са проблемом глобалног загревања Земље у последње две деценије двадесетог века развила се и метода којој је дат назив циклостратиграфија. Пре него што дамо њено објашњење потребно је нагласити да је загревање површине Земље и акумулација топлоте у слојевима стена по циклусима (ритмичкој седиментацији) које је Миланковић срачунао било дотад непознато. Миланковић је извео формулу за рачунање геотермског степена дубине која има следећи облик:

$$V(x, t) = v_0 + g_T x + B e^{-\frac{x}{m} \sqrt{\frac{\pi}{T}}} \left[ \cos \frac{2\pi}{T} t - \frac{x}{m} \sqrt{\frac{\pi}{T}} - \varepsilon \right] \quad (2)$$

док је температура површине тла представљена са:

$$v(0, t) = v_0 + B \cos \left[ \frac{2\pi}{T} t - \varepsilon \right] \quad (3)$$

где су:

$v(x, t)$  - температура на дубини;

$v(0, t)$  - температура на површини Земље;

- $v_0$  - средња температура највишег слоја тла добијена из произвољне константе  $C_4$ ;
- $g_T$  - средњи температурни градијент према унутрашњости Земље;
- $x$  - дубина;
- $B$  - вредност добијена из односа константи  $\sqrt{C_1^2 + C_2^2}$  ;
- $m$  - коефицијент температурне проводљивости тла;
- $T$  - временски интервал;
- $t$  - временски тренутак и
- $\varepsilon$  - вредност добијена из односа константи  $\arctg(C_2/C_1)$ .

Из једначина (1) и (2) уследило је да је

$$g_T = 0,003^\circ/\text{cm} ,$$

тј. да на сваки 33,3 m одговара просечан пораст температуре за  $1^\circ$ , што представља геотермски степен дубине.

У даљем разматрању Миланковић је упоредио топлотно струјање које из унутрашњости доспева до површине са загревањем исте површине које доспева са Сунца и закључио да је утицај унутрашњости занемарљиво мали.

Миланковићево математичко решење вредности геотермског степена дубине није практично доказано. Бројна мерења температура која су изведена у бушотинама показала су да правилност са порастом дубине заправо не постоји. Посебно је то било изражено у зонама где су нађене аномалијске вредности, па због тога треба правилно разумети Миланковића када каже да је *пораст средње месне температуре са дубином, тј. да је температурни градијент  $g_T$  месно врло различит.*

Истраживања која су изведена у циљу проналажења резерви геотермалне енергије у великој мери су потврдила да и на мањим просторима геотермски градијент није свуда исти. Геотермија као наука која се искључиво бави проучавањем промене температурног флукса у слојевима стена као и карте топлотног тока недвосмислено показују да на многим местима егзистира повишен топлотни промет кроз Земљино тло. Исто тако, многе појаве термоминералних вода на читавој територији Србије потврђују постојање термичких аномалијских зона, понекад чак изузетно плитко испод површине са температуром воде скоро до тачке кључања. Такви примери су воде Врањске, Куршумлијске, Новопазарске и Луковске бање са температурама између  $50 - 90^\circ$  (Протић, 1996).

Разматрајући провођење топлоте у Земљиним тлу, Миланковић је изнео став да је *количина топлоте која из унутрашњости Земље преко тла стигне на њену површину изузетно мала у односу на ону која Сунчевим зрацима стигне на Земљу.* Овај став није више одржив с обзиром на низ супротних примера, а најдрастичнији изгледа да је Исланд. На овој острвској земљи која се налази дуж великог атлантског гребена, тј. на граници евроазијске и североамеричке плоче, због чега је сеизмички веома активна, налази се безброј гејзира, сталних извора топле воде и резервоара геотермалне енергије који се у великој мери користе. Велики број активних и неактивних вулкана још су потпунија потврда овог стања. Однос годишње температуре примљене од Сунца и температуре добијене из унутрашњости Земље није у равнотежи, већ је превага у корист ендеогених процеса.

Постојање повишених температура у слојевима стена искоришћено је и у практичне сврхе. Системом вертикалних бушотина уз истовремено коришћење повољних нагиба колекторских слојева у поједине серије се убацује хладна вода, која се у унутрашњости загрева природним путем, дејством средине са повишеним температурним флуksom, а затим транспортује до бушотина из којих се водена пара или загрејана вода преноси на површину до пумпи и даље у експлоатацију.

Биланс примљене температуре са Сунца и примљене температуре из унутрашњости Земље по јединици површине није довољно објашњено. И ово припада домену математичке анализе, при чему се стриктно мора водити рачуна о томе да свако подручје има своје специфичности и да свака генерализација у том смислу неминовно води до погрешних закључака. Данас је знатно више анализа које су се бавиле проблемом пријема топлоте са Сунца него оне које су за циљ имале пријем унутрашње топлоте. Разлог је врло једноставан: методолошки један проблем је решив, док је други у сфери низа променљивих и несигурно утврђених фактора.

Циклостратиграфија у основи разматра пријем топлоте са Сунца која је доспела до стена, У исто време то осунчавање пратили су циклуси који су се одвијали по строгим законима небеске механике, што недвосмислено доказује да је процес планетаран, с једне стране, а да су локални догађаји (ерозија тла, тектонски покрети и сл.) могли битно утицати на очување стена у којима су ти циклуси забележени, са друге стране. Овај антагонизам пратиле су различите промене везане за температуру од којих су посебно издвојене:

- ◆  $\Delta T_{CO_2}$  (температурне разлике настале услед промене садржаја угљен-диоксида у атмосфери),
- ◆  $\Delta T_S$  (температурни ефекти увећања соларне константе настали услед повећаног зрачења са Сунца) и
- ◆  $\Delta T_\alpha$  (температурне промене настале услед увећања или смањења албеда Земље).

Сви ти ефекти разматрани су кроз геолошко време (Budyko et al., 1986) и приказани су у Табели 1.

Из приложене табеле запажа се да су највеће промене у температурама настале када је највише било концентрације угљен-диоксида у атмосфери. То је карактеристично за доњи ордовицијум, доњи карбон, доњи перм, период средњи тријас - горња креда итд. У већини случајева разлог томе био је повећан вулканизам.

Интензитет зрачење са Сунца током времена опада, што доказује разлика  $\Delta T_S$ , док  $\Delta T_\alpha$  има релативно константну вредност са изузетком у средњем и горњем карбону и доњем перму када је била на само 1 односно 0,8.

Подаци дати у Табели 1 имају значаја за циклостратиграфију са глобалног аспекта или аспекта посматрања односа кризе садржаја кисеоника и екосистема на Земљи. Уколико се проучавају циклуси осунчавања на једном ограниченом простору, тада планетарни утицаји немају тај значај, јер у суштини представљају статистички осредњену вредност.

Циклостратиграфија има заједничких веза са проучавањима које су про-

фесори Миланковић и Ђулум радили по питању осунчавања или коришћења тог ефекта. Суштински она пружа податке о количини топлотног зрачења које је кроз атмосферске слојеве доспела до Земљине површине у геолошком времену. У појединим својим сегментима она на

индиректан начин даје и податке о променама температура које су имале посебан значај за климу на једном делу Земљине површине. Та промена могла је бити суштинска за одржање појединих врста, па чак понегде и са катаклизматичним дејством.

Табела 1 СРЕДЊЕ ТЕМПЕРАТУРНЕ ВРЕДНОСТИ ЗА ФАНЕРОЗОИК (по М. Budyko et al., 1986)

ПЕРИОДИ	ВРЕМЕ у мил. год.	$\Delta T_{CO_2}$	$\Delta T_S$	$\Delta T_\alpha$	$\Delta T_m$
Доњи камбријум	553	3.3	3.9	3.6	3
Средњи камбријум	526	4.6	3.6	3	4
Горњи камбријум	514	2.8	3.5	3	2.3
Доњи ордовицијум	493	7.7	3.4	3.4	7.7
Сред. ордовицијум	470	6.3	3.2	3.4	6.5
Горњи ордовицијум	452	6.3	3.1	3.4	6.6
Доњи силур	432	4.6	2.9	3	4.7
Горњи силур	416	4.6	2.8	3	4.8
Доњи девон	398	4.6	2.7	3.2	5.1
Средњи девон	382	6.1	2.5	3	6.6
Горњи девон	370	7.8	2.5	3	8.3
Доњи карбон	343	10	2.2	3.2	11
Сред.-горњи карбон	306	6.1	2.1	1	5
Доњи перм	273	9.2	1.8	0.8	8.2
Горњи перм	250	4.7	1.7	3.2	6.2
Доњи тријас	243	4.8	1.5	3	6.3
Средњи тријас	238	7.4	1.5	2.8	8.7
Горњи тријас	222	5.7	1.4	2.8	7.1
Доњи јура	193	6	1.3	3	7.7
Средња јура	168	7.2	1.1	3.2	9.3
Горња јура	151	8.9	1	3	10.9
Доња креда	121	6.9	0.8	3	9.1
Горња креда	81	7.7	0.6	3.2	10.3
Палеоцен	60	4	0.4	3	6.6
Еоцен	46	6	0.3	2.8	8.5
Олигоцен	29	0.3	0.3	2.8	2.8
Миоцен	14	4	0.1	2.4	6.3
Плиоцен	3.5	1.8	0	1.6	3.4

$\Delta T_{CO_2}$  - температурне разлике настале услед промене садржаја угљен-диоксида у атмосфери;  $\Delta T_S$  - температурни ефекти увећања соларне константе настали услед повећаног зрачења са Сунца;  $\Delta T_\alpha$  - температурне промене настале услед повећања или смањења албеда Земље;  $\Delta T_m = \Delta T_{CO_2} + \Delta T_\alpha - \Delta T_S$ .

ЛИТЕРАТУРА

- BUDYKO M. I., GOLITSYN G. S. & IZRAEL Y. A. 1986: Global Climatic Catastrophes. Springer - Verlag, 1-99.
- MILANKOVITCH M. 1930: Mathematische Klimalehre und Astronomische Theorie der Klimaschwankungen. Gebruder Borntraeger, 1-176, Berlin.
- MILANKOVITCH M. 1941: Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem. СКА, посебно издање 133: 1-633, Београд.
- MILIĆEVIĆ V. 1997a: Milankovićeve numerička sekularna putanja polova rotacije i paleomagnetne trajektorije lutajućih putanja. Radovi Geoinstituta, 34: 49-65, Beograd.
- МИЛИЋЕВИЋ В. 1997б: Корелација Миланковићеве нумеричке и геолошко-геофизичке секуларне путање полова ротације. ДИТ, 8-9: 31-39, Зрењанин.
- ПРОТИЋ Д. 1995: Минералне и термалне воде Србије. Посебна издања Геоинститута, књ. 17, 1-270.
- HARLAND W.B., ARMSTRONG R.L., COX A.V., CRAIG L.E., SMITH A.G. & SMITH D.G. 1990: A geologic time scale 1989. Cambridge Univ. press 1-263.
- ЂУЛУМ Ж. 1982: Значај Миланковићевих резултата у проучавању осунчавања Земље за савремена истраживања примене соларне енергије. Научни скуп: "Живот и дело Милутина Миланковића 1879-1979", 119-135, Београд.



Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 88 - 100, Београд

## ПАЛЕОМАГНЕТИЗАМ ЛЕСНОГ ПРОФИЛА ЧОТ У СТАРОМ СЛАНКАМЕНУ И МИЛАНКОВИЋЕВИ ПАЛЕОКЛИМАТСКИ ЦИКЛУСИ

Слободан Марковић<sup>1</sup>, Џорџ Кукла<sup>2</sup>, Споменко Михајловић<sup>3</sup>,  
Драгана Вујовић - Михаић<sup>3</sup>, Јовица Јанковић<sup>3</sup> и Млађан Јовановић<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Институт за географију, Трг Доситеја Обрадовића 3, Универзитет у Новом Саду

<sup>2</sup> Lamont-Doherty Geological Observatory, Palisades, NY 10.964, USA

<sup>3</sup> Геомагнетски институт, 11 306 Гроцка

<sup>4</sup> ДМИИЗГ "Бранислав Букуров", Трг Доситеја Обрадовића 3, 21.000 Нови Сад

**РЕЗИМЕ:** Палеомагнетске карактеристике лесног профила Чот пружају увид у реконструкцију климатских варијација током последњих приближно милион година. Бројне смене топлих и хладних фаза испољиле су се у виду смене лесних хоризоната и фосилних земљишта. Вредности магнетног сусцептибилитета лесно - палеоземљишних секвенци профила Чот показују значајну подударност са палеоклиматским записима кинеског леса и дубокоморских седимената и пружају могућност за независно мерење палеоклиматских флукуација и хронолошко дефинисање стратиграфских јединица.

Корелација палеомагнетских записа профила Чот и кинеског леса и варијација вредности изотопа кисеоника забележених у дубокоморским седиментима пружа нам увид у глобални палеоклиматски календар заснован на идентификацији Миланковићевих циклуса.

**Кључне речи:** лесно - палеоземљишне секвенце, Миланковићеве циклуси, палеомагнетске карактеристике, профил Чот

**ABSTRACT: PALEOMAGNETISM OF STARI SLANKAMEN (ČOT) LOESS SECTION AND MILANKOVITCH PALEOCLIMATIC CYCLES**

The paleomagnetic properties of Stari Slankamen (Čot) section present climatic changes of the last about 1 Ma. Numerous climatic oscillations are marked by alternating loess and soil units with continuous coverage of the Brunhes and upper Matujama Epochs. Low field magnetic



susceptibility of the loess-paleosol sequences correlates closely with the Chinese loess and oxygen isotope records and provides an independent measure of climate and time.

Correlation among paleoclimatic records of Stari Slankamen and Chinese loess-paleosol sequences and oceanic oxygen variations elucidate a complete paleoclimatic calendar and the identification of the main Milankovitch cycles.

Key words: loess-paleosol sequences, Milankovitch cycles, paleomagnetic properties, Stari Slankamen (Čot) section

## УВОД

Пре три деценије група чешких научника (Bucha et al., 1969; Koči, 1969; Кукла, 1970, 1975a) отпочела је пионирска истраживања палеомагнетских карактеристика квартарних седимената. Примена палеомагнетске стратиграфије при дефинисању палеоклиматског записа лесно - палеоземљишних секвенци омогућила је Кукли (Кукла 1970, 1975a, 1975b, 1976, 1977, 1978) да установи значајну подударност са плейстоцененим пулзацијама климе детектованим у дубокоморским седиментима. На тај начин су ревидирана до тада класична стратиграфска схватања. Поменута проучавања европских лесно - палеоземљишних секвенци била су увертира за проучавање више од 150 m моћних око 2,5 милиона година старих лесних наслагама у Кини. Истражујући кинеске лесне седименте швајцарски геофизичар Хелер и кинески геолог Лиу (Heller & Liu, 1982) су установили да промене вредности магнетног сусцептибилитета (magnetic susceptibility) представљају сензитиван индикатор палеоклиматских збивања. Тако су криве магнетног сусцептибилитета употпуњене магнетно - стратиграфским реперима током последње две деценије постале опште прихваћене при дефи-

нисању и међусобном корелирању стратиграфских јединица у лесно - палеоземљишним слојевима (Кукла, 1987; Kukla et al., 1988; Kukla & An, 1989, Hovan et al., 1989; Forster & Heller, 1994, Heller & Evans, 1995) итд.

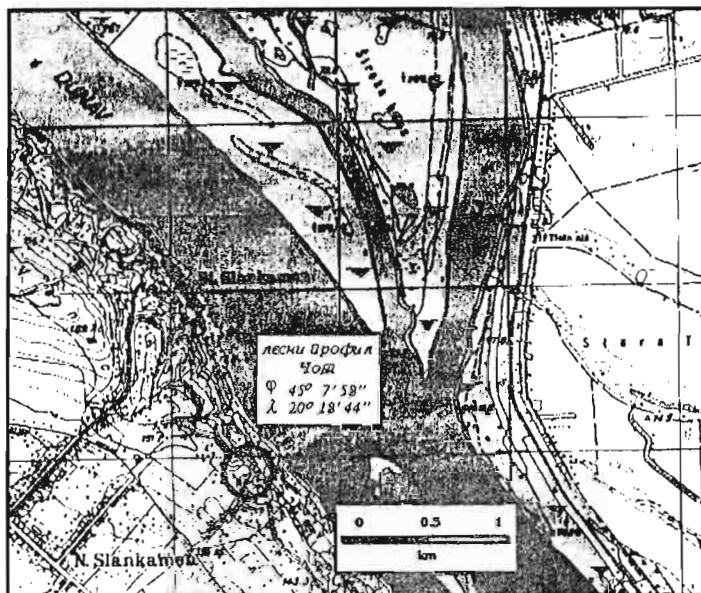
Нашим истраживања палеомагнетских карактеристика лесног профила Чот у Старом Сланкамену је такође, установљен препознатљив глобални ритам смене Миланковићевих палеоклиматских циклуса.

## ОПИС ЛОКАЛИТЕТА И РАНИЈА ИСТРАЖИВАЊА

Лесни профил Чот се налази у северозападном делу косе Одушевци непосредно наспрам ушћа Тисе у Дунав. Удаљен је 200 m ваздушном линијом од десне обале Дунава (сл. 1). Висина отвореног дела профила износи 35 m на коме се може уочити 10 јасно изражених фосилних земљишта. Током наших истраживања очишћен је део подине (1,6 m) профила прекривен одроњеним материјалом. Након неколико метара замаскираног дела профила на левој страни Сурдука, уз југоисточну ивицу узвишења Чот налази се свеже отворени профил најстаријег фосилног педокомплекса (Марковић, у изради). Прве, уопштене податке о

палеомагнетским карактеристика југословенских лесних седимената дао је Д. Вељовић (1975/76). Након дводеценијске паузе у истраживању палеомагнетизма југословенских лесних наслага уследила су детаљана мере-

ња магнетног суцептибилитета Марковића и Кукле на профилу Чот у Старом Сланкамену (Marković & Kukla, 1999).



Сл. 1. Географски положај лесног профила Чот.  
Fig. 1. Geographic position of Čot (Stari Slankamen) exposure.

#### ТЕХНИКЕ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Мерења реланентне магнетизације лесно - палеоземљишних секвенци профила Чот у Старом Сланкамену извршена су у лабораторији за архео и палеомагнетизам Геомагнетског института у Београду. Инструмент на ком су вршена мерења је спинер магнетометар ЈР - 5 осетљивости 3 пТ. Узорци су узети из палеоземљишта Ф11 (по класификацији коју је дао Бронгер, 1976), леса испод педохоризонта Ф10 и леса између Ф8 и Ф9. Оријентација је вршена помоћу компаса на очишћеној хоризонталној површини. Потом су узорци исечени у виду коцки димензија 2 · 2 · 2 cm и третирани стакленом водом како би очувала копактност током термодемагнетизације. Процес

термодемагнетизације је обављен сукцесивно са кораком од 100°C на температурама од 100°C до 300°C и од 400 °C до 600°C, а изузетак представља температурни интервал од 300°C до 400°C са кораком од 50°C.

Мерења вредности ниско пољног магнетног суцептибилитета вршена су на терену и лабораторији Ламонт Доерти геолошке опсерваторије Колумбија универзитета у Палисадама. Теренска мерења су обављена у доњем делу профила маја 1997. године портабл Барингтон суцептибилити мерачем са радном фреквенцом 0,58 kHz. На сваком мереном нивоу вршено је 10 независних мерења након чега је израчуната њихова аритметичка средина. Вредности магнетног суцептибилитета горњег

дела профила одређене су на лабораторијском Барингтон суцептибилити мерачу са радном фреквенцом 0,47 kHz. Узорци за лабораторијска мерења су узимани на сваких 10 cm у палеоземљиштима, односно 15 cm у лесним хоризонтима. Добијене вредности измерене су на терену и у лабораторији су усаглашене путем корекционог фактора (Kukla et al., 1988).

Суцептибилитетну временску скалу су дефинисали Кукла и сарадници (Kukla et al., 1988), базирајући се на поставци да је магнетни суцептибилитет у лесно - палеоземљишним слојевима директно пропорционалан

концентрацији феромагнетских минерала. Предпостављајући да је стопа акумулације финозрних магнетних минерала константна и да је магнетни суцептибилитет приближна мера концентрације феромагнетних минерала у слоју, Кукла и сарадници (Kukla et al., 1988) закључују да је производ моћности слоја и суцептибилитета сразмеран времену. Интерполиран у оквиру граница палеомагнетских реверзија, добијени производ се може искористити као индекс за рачунање апсолутне старости сваког од слојева. Индивидуална приближна старост сваког од слојева се израчунава по формули:

$$T_m = T_1 + ({}^m\sum_{i=1} a_i s_i) (T_2 - T_1) ({}^n\sum_{i=1} a_i s_i)^{-1}$$

где су:

$T_m$  - старост слоја;

$T_1$  - позната старост млађег репера;

$T_2$  - позната старост старијег репера;

$a$  - дебљина слоја за који је селективно измерен магнетни суцептибилитет и

$s$  - измерена вредност магнетног суцептибилитета.

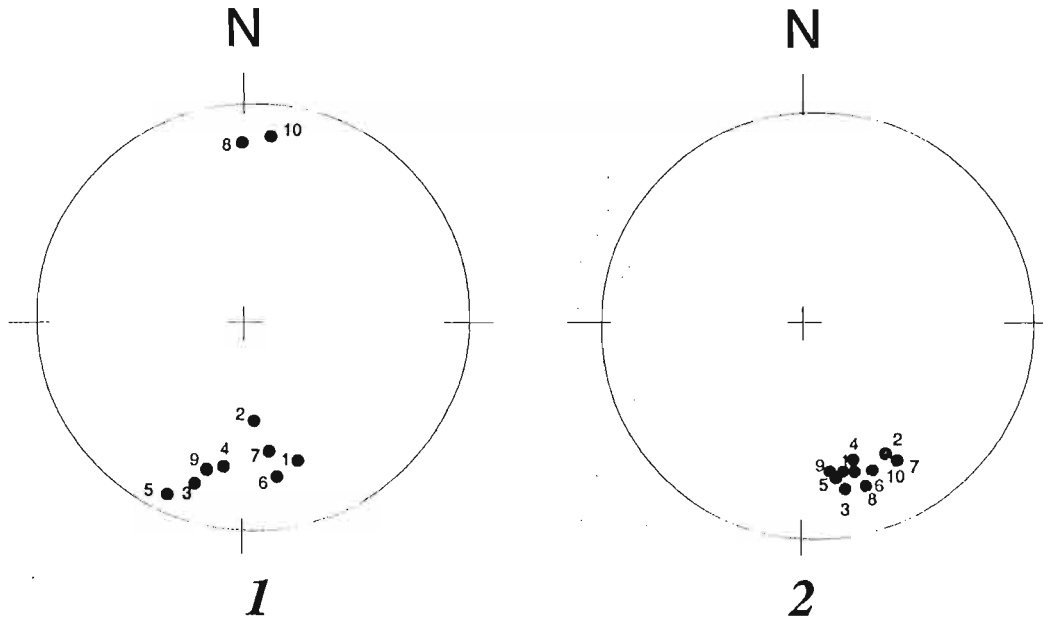
Тачност ове временске скале се смањује у слојевима старијим од Харамилџо палеомагнетске епизоде нормалног поларитета (Kukla & An, 1989).

$10^{-9}$  nT. Правци вектора природне реманентне магнетизације се незнатно растурају (сл. 2. 1), док се након термодемагнетизације и издвајања стабилне компоненте на  $300^{\circ}\text{C}$  правци вектора реманентне магнетизације групишу (сл. 2. 2).

У Табели 1 дате су вредности палеодеклинације и палеоинклинације. Реверсне вредности инклинација указују на могућност да је доњи део профила Чот у Старом Сланкамену форимран током Матујама палеомагнетне епохе.

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Интензитет природне реманентне магнетизације НРМ (Natural Remanent Magnetization) је варирао у опсегу од  $5,433 \cdot 10^{-9}$  nT до  $4,043 \cdot$



Сл. 2. Правци вектора природног реманентног намагнетисања (1) и стабилног дела реманентног намагнетисања (2).

Fig. 2. Directions of vectors NRM (1) and stable magnetization of NRM (2).

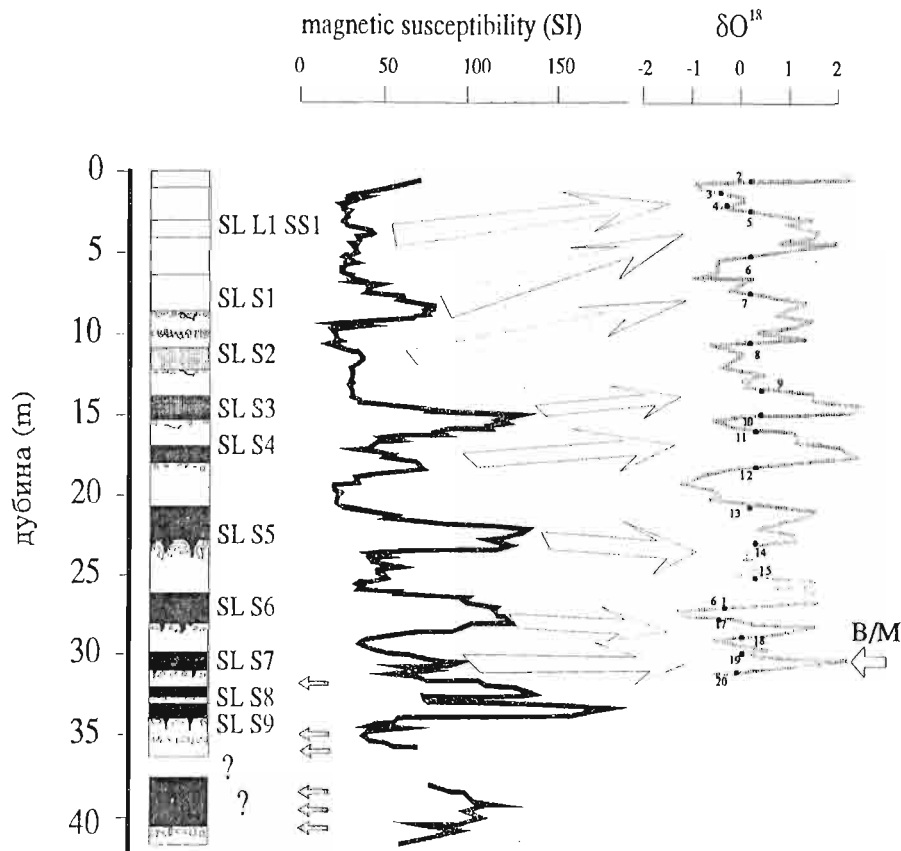
Табела 1: Вредности палео деклинације и палео инклинације након демагнетизације  
Tab 1 Stable values of paleodeclinations and paleoinclinations after demagnization

	Dp	Ip
доња граница Ф 11	336°	-22°
СЛ Л 10 горњи део	348°	-22°
СЛ Л 10 доњи део	343°	-17°
СЛ Л8 средина	350°	-24°

Вредности магнетног суцептибилитета измерене на профилу Чот су знатно веће у палеозмељистима него у лесним слојевима што је последица различитих климатских услови који су владали током њиховог формирања.

Корелација између вредности магнетног суцептибилитета лесног профила Чот и вредности  $\delta O^{18}$  у дубокоморским седиментима SPECMAP палеоклиматског модела приказана је на сл. 3. Суцептибилитетни

запис профила Чот се, такође, значајно подудара са одговарајућим вредностима лесно-палеоземљинских секвенци у Кини, централној Азији и средњој Европи (Кукла, 1987; Kukla et al., 1988; Kukla & An, 1989, Forster & Heller, 1994, Heller & Evans, 1995, Forster et al., 1996).



Сл. 3. Корелација између вредности магнетног суцептибилитета лесног профила Чот и вредности  $\delta O^{18}$  у дубокоморским седиментима SPECMAP палеоклиматског модела (сиве стрелице означавају узорке за мерење палеомагнетског поларитета).

Fig. 3. Correlation between magnetic susceptibility curve of Stari Slankamen section and oxygen isotope record of SPECMAP paleoclimatic model (samples for polarity measurements marked with gray arrow).

Дужине трајања генезе лесно - палеоземљишних секвенци профила Чот у Старом Сланкамену и кинеског леса (Кукла, 1987) су приказане на основу израчунавања временске скале магнетног суцептибилитета (VSMS). Добијене вредности су веома сличне и у великој мери одговарају трајању коресподентних маринско изотопских стадијумима (MIS) дубокоморских седимента (Imbrie et al., 1984). Дата су два

модела временских скала магнетног суцептибилитета: први модел је израђен на основу моћности лесно - палеоземљишних секвенци измерених на профилу, а други на основу интерполираних вредности са суседних профила због појаве ерозије (слој шљунка испод палеоземљишта СЛ С2, Табела 2).

Табела 2. Дужина трајања генезе лесно - палеоземљишних секвенци на основу VSMS профила Чот у Старом Сланкамену и кинеског леса и трајања MIS-а.

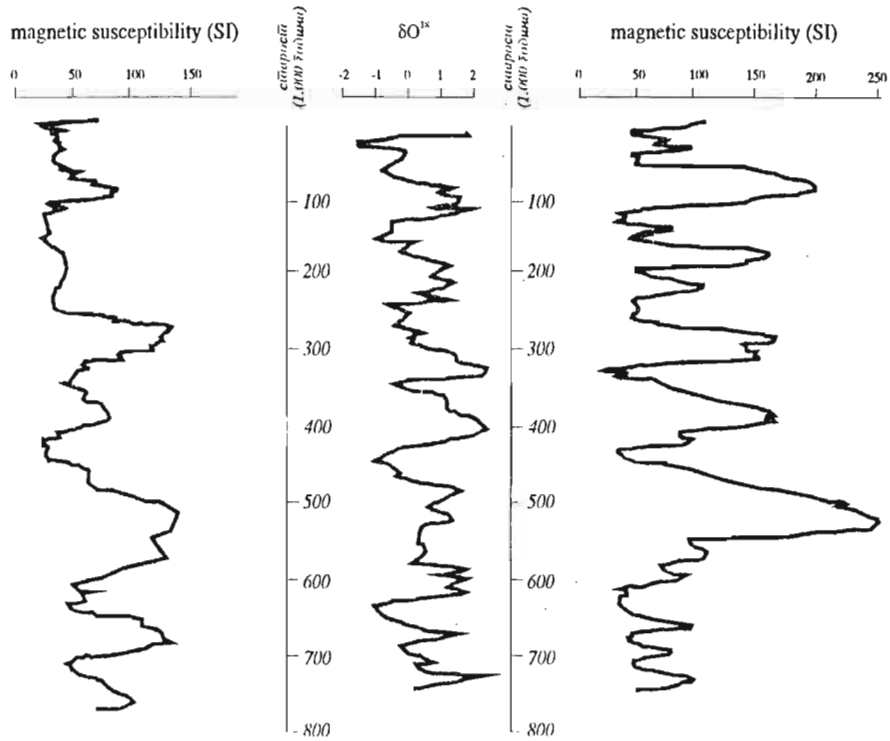
Tab 2. Duration of loess-paleosol units forming in Stari Slankamen and China and relation with corresponding marine isotope stages.

	VSMS			MIS	
	1. модел	2. модел	Кина	назив	трајање
СЛ С0	10	10	10	1	11
СЛ Л1	60	60	58	2,3,4	62
СЛ С1	58	58	60	5	55
СЛ Л2	23	60	46	6	58
СЛ С2	53	50	73	7	59
СЛ Л3	36	34	24	8	58
СЛ С3	80	76	57	9	36
СЛ Л4	37	35	29	10	23
СЛ С4	42	40	71	11	61
СЛ Л5	55	52	39	12	55
СЛ С5	142	134	147	13, 14, 15	142
СЛ Л6	55	52	38	16	39
СЛ С6	73	68	20	17	30
СЛ Л7	27	26	36	18	37
СЛ С7	36	34	28	19	10

На сл. 4 приказана је компарација вредности магнетног суцептибилитета измерених на профилама Чот (Marković & Kukla, 1999) и Луочуан (Kukla & An, 1989) у Кини и изотопско - кисеоничког записа (Imbrie et al., 1984). Страиграфске јединица су временски дефинисане временским серијама скале магнетног суцептибилитета и SPECMAP палеоклиматског модела.

Сличност са кинеским лесно - палеоземљишним палеоклиматским записом навела је Марковића и Куклу (Marković & Kukla, 1999) да предложи

нову стратиграфску номенклатуру југословенских лесно - палеоземљишних секвенци. Тако су лесно - палеоземљишни слојеви означени исто као и њихови хроностратиграфски еквиваленти у кинеском лесу уз додавање префикса СЛ који упућују на реперни профил Чот у Старом Сланкамену. У Табели 3 дата је генетска класификација палеоземљишта лесног профила Чот у Старом Сланкамену уз истовремено навођење Бронгерове (Bronger, 1976) и номенклатуре коју су предложили Марковић и Кукла (Marković & Kukla, 1999).



Сл. 4. Корелација палеоклиматских записа лесно палеоземљишних секвенци профила Чот и Лоучуан и дубокоморских седимената.

Fig. 4. Correlation among paleoclimatic records of Stari Slankamen and Chinese loess-paleosol sequences and oceanic oxygen variations.

Табела 3. Однос палеоземљишта профила Чот и одговарајућих маринско изотопских стадијума.

Tab 3 Relation between fossil soils of Stari Slankamen exposure and corresponding MIS

(Bronger, 1976)	тип палеоземљишта	(Marković & Kukla, 1999)	MIS
	сирозем	СЛ Л1 СС1	3
Ф <sub>2</sub>	чернозем	СЛ С1	5
Ф <sub>3</sub>	чернозем	СЛ С2	7
Ф <sub>4</sub>	деградирани чернозем	СЛ С3	9
Ф <sub>5</sub>	гајњача	СЛ С4	11
Ф <sub>6</sub>	лесивирано смеђе земљиште	СЛ С5	13, 14 и 15
Ф <sub>7</sub>	гајњача	СЛ С6	17
Ф <sub>8</sub>	гајњача	СЛ С7	19
Ф <sub>9</sub>	смеђе шумско земљиште	СЛ С8	21
Ф <sub>10</sub>	смеђе шумско земљиште	СЛ С9	23
Ф <sub>11</sub>	смеђе шумско земљиште	?	?

Наведене хроностратиграфске одредбе значајно мењају досадашња схватања о старости лесно - палеоземљишних секвенци профила Чот. Како би се могао схватити опсег тих промена неопходно је изнети кратак преглед најважнијих досадашњих хроностратиграфских схватања. Марковић - Марјановић (1972а, 1972б) је приказала стратиграфску шему по којој прво фосилно земљиште (рачунајући од топографске површине) одговара палеопедолошким творевинама Стрифилд Б (Паудорф) у Аустрији или чешком РКI. Друго фосилно земљиште, мрко црвенкасти чернозем, одговара горњем делу аустријског Стрифилда А и чешког РКII. Трећи ружичасто кестењасти фосилни чернозем представља доњи хоризонт двочланог педокомплекса Стрифилд А (Амерсфорт) и РКII и временски је еквивалент најстаријем интерстадијалу вирма. Четврти трочлани педокомплекс временски одговара интерстадијалу рис - вирму, односно базалном делу Стрифилду А и РКIII. Пети педокомплекс је настао током интерстадијала рис I-II. Шести четворочлани педокомплекс би одговарао великом интергласијалу миндел - рис. Седми педокомплекс није заступљен, док осми представља гранично земљиште према плиоцену и одговара вилафранку.

Према немачком педологу Бронгеру (Bronger, 1976) палеоземљишта  $\Phi_2$ ,  $\Phi_3$  и  $\Phi_4$  лесног профила Стари Сланкамен формирана су током вирма. Марковић - Марјановић (1972а, 1972б) за еквивалент интергласијала рис - вирм сматра двочлани педокомплекс који одговара палеоземљиштима  $\Phi_4$  и  $\Phi_5$  Бронгерове стратиграфске одредбе

лесног профила Чот. За разлику од ње, Бронгер сматра да је током интергласијала рис - вирма формирано само палеоземљиште  $\Phi_5$ . Поменуто хроностратиграфска шема је модификована након датирања палеоземљишта методом термолуминисценције (ТЛ) тако да палеоземљишту  $\Phi_2$  одговара  $\delta O^{18}$  субпериода 5а, а палеоземљиште  $\Phi_3$  је формирано током интергласијала рис - вирм (Singhvi et al., 1989).

Упоредна анализа резултата до којих су дошли Сингви и сарадници (1989) и Зеремски и сарадници (1991) показују значајна одступања. Датирање палеоземљишта  $\Phi_2$  и леса изнад њега су готово у потпуности сагласни. Међутим, резултати датирања за све остале лесне и палеоземљишне секвенце у великој мери одступају. Примера ради, приближно једнаку вредност ТЛ датирања имало је палеоземљиште  $\Phi_5$  - 314 000 година (Singhvi et al., 1989) и реликтни педохоризонт  $n_3$  319 000  $\pm$  46 000 година (Зеремски и др., 1991), који заправо представља еквивалент палеоземљишта  $\Phi_8$  (СЛ С7).

У Табели 4 приказане су вредности ТЛ датирања Сингвија и сарадника (Singhvi et al., 1989) и пољског истраживача Бутрима (Зеремски и др., 1991) одговарајућих лесно - палеоземљишних секвенци. Наведени подаци указују да су вредности ТЛ датирања знатно мање од апроксимативне старости лесно - палеоземљишних секвенци изведених из наше хроностратиграфске шеме и потврђују мишљења Wintle et al., (1984), Debenham (1985), Кукле (1987) и Wintle (1987) да се датирање лесних



седимената ТЛ методом, старијих од 100 000 година сматра непоузданим.

Табела 4. Вредности термолуминисцентног датирања (у 1 000 година) лесно - палеоземљишних секвенци лесног профила Чот у Старом Сланкамену.

Table 4 Comparison of TL data and approximate true ages of Stari Slankamen section loess-paleosol sequences.

слој	ТЛ датирање		апроксимативна старост
	Зеремски и др., 1991	Singhvi et al., 1989	
лес изнад $\Phi_2$	34.5.0 ± 5		30
лес изнад $\Phi_2$	36.8.0 ± 5		35
лес изнад $\Phi_2$	34.5.0 ± 6		45
лес изнад $\Phi_2$	39.4.0 ± 6		55
лес изнад почетка $\Phi_2$	67.0 ± 10	63	65
$\Phi_2$ горњи део		75	70
$\Phi_2$ средњи део	79.7 ± 12	82	100
$\Phi_2$ доњи део	83.0 ± 13	85	120
лес испод $\Phi_2$ испод слоја шљунка	90.0 ± 14		130
лес испод $\Phi_2$	97.0 ± 15		135
$\Phi_3$ средњи део	101.0 ± 15	128	230
лес испод $\Phi_3$	121.0 ± 18	121	260
$\Phi_4$ средњи део	128.0 ± 20		290
лес испод $\Phi_4$		186	340
$\Phi_5$ средњи део		314	400
лес испод $\Phi_5$	174.0 ± 26		440
$\Phi_6$ средњи део	218.0 ± 33		580
$\Phi_7$ средњи део	309.0 ± 46		680
$\Phi_8$ средњи део	319.0.0 ± 48		740

У светлу нових сазнања палеомагнетне и  $\delta O^{18}$  стратиграфије, Бронгер и сарадници (1995) износе нове информације о хроностратиграфији лесних наслага профила Чот. Према овим резултатима палеоземљиште  $\Phi_6$  лесног профила у Старом Сланкамену одговара педокомплексу  $C_5$  у кинеским лесним профилима, одно-

сно педокомплексима ПК V и ПК VI лесног профила Карамајдан у Таџикистану, чији су временски еквиваленти периоди 13 и 15 SPECMAP (Imbrie et al., 1984) палеоклиматског модела који оквирно одговарају временском интервалу од 478 000 до 620 000 година уназад. Наша истра-

виште (Табела 4, сл. 3 и 4). Међутим, Бронгер и Хеинкеле - Bronger & Henkele, 1989) и даље уважавајући исправност ТЛ датирања, сматрају да су палеоземљишта  $\Phi_2$  и  $\Phi_3$  формирана током маринско изотопског стадијума 5, што не одговара нашој стратиграфској шеми приказаној у Табели 4.

Наша истраживања палеомагнетских карактеристика лесно - палеоземљишних секвенци профила Чот код Старог Сланкамена су омогућила поуздано и независно временско дефинисање наизменичног смењивања топлих и хладних, односно влажних и сувих периода. Палеоклиматска сензитивност старосланкаменских лесних и реликтних педолошких хоризоната проистиче из специфичног палеогеографског положаја овог простора. Наиме, југоисточни део Панонског басена се налази довољно близу Атлантског океана да се његов климатски утицај одрази на формирање фосилних педогених творевина, али у исто време је и довољно далеко од унутрашњости копна што је дуго спречавало доминацију степских биоценоза током топлих интерглацијалних

периода (Zeuner, 1959, Кукла, 1977, Singhvi et al, 1989).

#### ЗАКЉУЧАК

Палеомагнетске карактеристике лесног профила Чот пружају могућност за реконструкцију палеоклиматских збивања у југоисточном делу Панонског басена током последњих милион година. Нашим истраживањима је уочена значајна подударност палеоклиматских записа профила Чот и кинеског леса и варијација вредности изотопа кисеоника забележених у дубокоморским седиментима. На тај начин је и на овим просторима потврђена исправност глобалног палеоклиматског календара заснованог на идентификацији Миланковићевих циклуса.

Тешко је замислити срећу путника кроз васиону и векове, Милутина Миланковића, након сазнања да стрма, лесна обала Дунава код Старог Сланкамена, поред које је толико пута пролазио пловећи паробродом садржи потврду његове астрономске теорије о појави ледених доба.

#### ЛИТЕРАТУРА

- BRONGER A. 1976: Zur quartären Klima - und Landschaftenwicklung des Karpatenbeckens auf (paläo-) pedologischer und bodengeographischer Grundlage. Kieler geographische schriften band 45. Im Selbstverlag des geographischen Instituts der Universität, Kiel.
- BROGNER A. & HEINKELE T. 1989: Micromorphology and genesis of paleosols in the Luochuan loess section, China: Pedostratigraphical and environmental implications. Geoderma 45.: 123-143.

- BROGNER A. & HEINKELE T. 1989:** Micromorphology and genesis of paleosols in the Luochuan loess section, China: Pedostratigraphical and environmental implications. *Geoderma* 45.: 123-143.
- BRONGER A., WINTER R., DEREVJANKO O. & ALDAG S. 1995:** Loess-Palaeosol-Sequences in Tadjikistan as a Paleoclimatic Record of the Quaternary in Central Asia. *Quaternary Proceedings* 4: 69-81.
- BUCHA V., HORAČEK A., KOČI A. & KUKLA J. 1969:** Plaeomagnettische Messungen in Loesse. In: *Periglazialzone, loess und Paleolithikum der Tschechoslowakei*, Demek J. & Kukla (eds.) *Tschechoslowakische Akademie der Wissenschaften, Geographisches Institut in Brno*: 123-131.
- ВЕЉОВИЋ Д. 1975/76:** Палеоклиматске карактеристике леса из околине Земуна и Титела. *Весник* 16/17, сер. С: 17-22.
- WINTLE A. G. 1987:** Thermoluminescence dating of loess. *Catena suppl.* 9.: 103-115.
- WINTLE A. G., SHACKLETON N. J. & LAUTRIDOU J. P. 1984:** Thermoluminescence dating of periods of loess and soil formation in Normandy. *Nature* 310: 491-493.
- DEBENHAM N. C. 1985:** Comments on extrapolation methods of dating sediments by TL. *Ancient TL* 3, 2: 17-26.
- ЗЕРЕМСКИ М., МАРУШЧАК Х. и БУТРИМ Ј. 1991:** Проблеми хроно-стратиграфије леса Војводине. *Зборник ГИ Јован Цвијић*, 43: 17-32.
- ZEUNER F. E. 1959:** *The Pleistocene; Its Climate, Chronology and Faunal Succession.* Hutchinson, London.
- IMBRIE J., HAYS J. D., MARTINSON D. G., MCINTYRE A., MIX A. C., MORLEY J. J., PISIAS N. G., PRELL W. L. & SHACKLETON N. J. 1984:** The orbital theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of the marine  $\delta^{18}\text{O}$  record. In: *Berger, A. L., Imbrie, J., Hays, J., Kukla, G. and Saltzman, B. (eds.), Milankovitch and Climate, part I.*: 269-305.
- KOČI A. 1969:** Inversion of the geomagnetic field determined by paleomagnetic investigations of Quaternary sediments. *Studia geoph. et geod.* 13: 326-331.
- KUKLA G. J. 1970:** Correlations between loess and deep-sea sediments. *Geologiska Foreningen i Stockholm Forhandlingar* 92: 148-180.
- KUKLA G. J. 1975a:** Loess Stratigraphy of Central Europe.: 99-187. In: *After Australopithecines.* Butzer, K. W. and Isaac, L., I. eds. Mouton Publishers, The Hague.
- KUKLA G. J. 1975b:** Missing link between Milankovitch and climate. *Nature* 253: 600-603.
- KUKLA G. J. 1976:** Revival of Milankovitch. *Nature* 261: 11.
- KUKLA G. J. 1977:** Pleistocene land-sea correlations. *Earth Science Review* 13: 307-374.
- KUKLA G. J. 1978:** The classical European Glacial stages: Correlation with deep-sea sediments. *Transcriptions of Nebraska Academy of Sciences Vol. 6.*: 57-92.
- KUKLA G. J. 1987:** Loess Stratigraphy in Central China. *Quaternary Science Reviews* 6: 191-219.
- KUKLA G. J. & AN Z. 1989:** Loess stratigraphy in Central China. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology.* 72, 203-225.
- KUKLA G. J., HELLER F, LIU X. M., XU T. C., LIU T. S. & AN Z. S. 1988:** Pleistocene climates in China dated by magnetic susceptibility. *Geology* 16: 811-818.
- МАРКОВИЋ - МАРЈАНОВИЋ Ј. 1972а:** Распрострањење и стратиграфија леса у Југославији. *Гласник природњачког музеја сер. А* 27.: 93-107.

- МАРКОВИЋ - МАРЈАНОВИЋ Ј. 19726:** Могућности одређивања релативне хронологије неких типова земљишта у Југославији. Земљиште и биљка 21, 2.: 321-330.
- МАРКОВИЋ С. Б.** (у изради): Палеогеографија квартара на територији Војводине. (докторска дисертација).
- MARKOVIĆ S. B. & KUKLA G. J. 1999:** Magnetic susceptibility and grain size record in Stari Slankamen section. Book of abstract Loessfest 99, Bonn: 152-153.
- МАРКОВИЋ С. Б., КУКЛА Џ. Ј., ТОМИЋ П., КОВАЧЕВ Н. И ЈОВАНОВИЋ М. 1998:** Заштита лесног профила Чот у Старом Сланкамену. Заштита природе 50: 431-437.
- SINGHVI A. K., BRONGER A., SAUER W. & PANT R. K. 1989:** Thermoluminescence dating of loess - pleosol sequences in the Carpatian Basin. Chemical Geology 73: 307-317.
- FORSTER TH. & HELLER F. 1994:** Paleomagnetism of loess deposits from the Tajik depression (Central Asia). Earth Planetary Science letters 128: 501-512.
- FORSTER TH., HELLER F., EVANS M. E. & HAVLIČEK P. 1996:** Loess in the Czech Republic: magnetic properties and paleoclimate. Studia geoph. et geod. 40: 243-263.
- HELLER F. & LIU T. S. 1982:** Magnetostratigraphical dating of loess deposits in China. Nature, 300,: 431-433.
- HELLER F. & EVANS M. E. 1995:** Loess magnetism. Reviews of Geophysics, 33, 2: 211-140.
- HOVAN S., REA D., POSIAS G., SHACKLETON N. 1989:** A direct link between the China loess and marine  $\delta^{18}\text{O}$  records: a eolian flux to the north Pacific. Nature, 340, 6231: 296-298.



Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 101 - 111, Београд

## СТАРОСТ НЕКИХ ПОЈАВА ХИДРОГЕОТЕРМАЛНИХ РЕСУРСА СРБИЈЕ КАО ПОКАЗАТЕЉ КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА

Михаило Г. Миливојевић

Рударско - геолошки факултет, Ђушина 7, Београд

**РЕЗИМЕ:** Климатске промене директно утичу на површинске водне ресурсе, а тиме, мање или више, односно брже или спорије, на количине и квалитет подземних или хидрогеолошких водних ресурса. О утицају климатских промена на подземне водне ресурсе може се закључивати директно и сигурно на основу изотопских испитивања помоћу којих се најпоузданије одређује порекло и старост подземних вода. У раду ће се изнети досадашњи резултати испитивања порекла и старости подземних водних ресурса са њихових најпознатијих налазишта и дати прогноза одрживости њиховог квалитета у зависности од већ насталих и будућих климатских промена.

**КЉУЧНЕ РЕЧИ:** палеоклима, старост подземних вода, изотоп  $^{14}\text{C}$ , одрживост ресурса.

### УВОД

У последњој деценији двадесетог века сведоци смо многих светских скупова, научних и политичких, на којима се расправља о ресурсима од којих ће зависити будућност људске цивилизације у следећем миленијуму. Они су нарочито били бројни протеклих неколико година. Општа је оцена да ће нагло погоршавање еколошких услова живота, односно стално повећање погоршавања усло-

ва за живот у непосредној људској околини бити главни фактор опстанка, не само људи, већ и највећег дела животињских и биљних врста на Земљи.

Овај самоуништавајући рат, којег је почео човек против природе, сваким даном је све беспштеднији и поприма све драматичније размере. Један од његових главних узрока је бесомучна трка за профитом која се погубно одражава на животну око-

лину. Другим речима, сукоб профитних и еколошких циљева стално се шири.

Очигледно је да ће недостатак воде, хране и сировина представљати велики проблем за људски род у 21. веку, чак већи од ратова и политичких спорова. Развијене земље, нарочито у Северној Америци, троше по глави становника неколико пута више хране, воде, енергије и минералних сировина уопште, него што им треба, у односу на неразвијене земље. Свима постаје јасно да "гозба" животних ресурса неће дуго трајати. У вези с тим научно и технолошки најразвијеније земље се већ припремају да тај проблем реше у погледу воде на веома драстичан начин. Решења ће у првој фази највероватније бити и у виду освајачких ратова против неразвијених земаља у тропском појасу где се велике количине воде излучују свакодневним падавинама, а у другој фази селидбом најбогатијих на космичка тела где има воде, или њеним довожењем на Земљу.

Мале државне територије, као што је Србија, односно Југославија, које сада располажу довољном количином подземних вода различитог састава, пре свега за пиће, морају много више учинити за очување садашњег стања квалитета и количина хидрогеолошких ресурса да не би дошле у ситуацију да увозе воду. У случају да до такве потребе дође, увоз воде ће бити веома велики проблем, зато што је она свакоме потребна и сви ће тежити да своје резерве сачувају.

У целом том контексту, хидрогеотермални ресурси као део хидрогеолошких ресурса уопште, имају велики значај због своје одрживости у погледу квалитета и резерви у односу на хидрогеолошке ресурсе у виду хладних пијаћих вода.

У овом раду се приказују резултати изучавања старости већине главних појава геотермалних вода са територије Србије изотопским методама која су по први пут вршена у склопу оцене енергетске потенцијалности геотермалних ресурса Србије (Миливојевић, 1989), као индикатора климатских промена у претходних неколико десетина хиљада година и њен значај за оцену одрживости хидрогеолошких или подземних водних ресурса уопште.

## СТАРОСТ ХИДРОГЕОЛОШКИХ РЕСУРСА

Захваљујући детаљним и комплексним хидрогеолошким и хидрогеотермалним истраживањима многобројних хидрогеолошких, односно хидрогеотермалних система широм Земљине лопте формираних у различитим геолошким, хидрогеолошким, геотермалним, хидролошким и хидрометеоролошким условима, дошло се до сазнања о пореклу хидрогеолошких ресурса. Ово сазнање је представљало прекретницу у хидрогеологији као науци о подземним водним ресурсима, нарочито у тумачењу порекла хидрогеотермалних ресурса, јер се до 1961. године сматрало да они углавном потичу од

јувенилних вода, а за плитке хидрогеолошке ресурсе било је много непознаница у тумачењу њихове везе са атмосфером. У томе су главну улогу одиграле методе одређивања садржаја лаких и радиоактивних изотопа у води и гасовима. Од тада могло се говорити и о утицају климатских промена на хидрогеолошке ресурсе, јер је доказано да сви они потичу од атмосферских вода, а оне од водене паре настале, највећим делом, испаравањем из океана и мора. Због тога је за еталон узет средњи изотопски састав океанске воде са дубине где се он не мења (SMOW=Standard mean ocean water), односно садржај изотопа кисеоника  $^{18}\text{O}$  и водоника  $^2\text{H}$  (деутеријум - D). Наиме, прво се дошло до сазнања о просечном изотопском саставу падавина који је изражен следећом једначином  $\delta^2\text{H} = 8 \delta^{18}\text{O} + 10$  (Крејг - Craig, 1961). Она представља једначину праве линије, која се назива "линија атмосферских вода" или Craig-ова линија. Величина  $\delta$  представља  $R/R_0 = 1 + \delta$  где је R изотопски однос у узорку а  $R_0$  однос у еталону, тј. океанској води.

После дефинисања изотопског састава падавина почело се са изучавањем изотопског састава хидрогеолошких ресурса, односно подземних вода свих "врста". Прво је утврђено да је изотопски састав хладних изданских вода, које се налазе на малим дубинама у Земљиној кори (неколико стотина метара), приближно једнак средњем изотопском саставу падавина које се излучују у подручју прихрањивања

дате издани, односно система. Од тог открића се може рећи да су створени услови за изучавање утицаја климатских промена на хидрогеолошке ресурсе.

О утицају климатских промена на режим падавина, односно на хидрогеолошке ресурсе, најбоље се може говорити преко старости подземних вода. Старост подземних вода представља временску дужину њиховог боравка у хидрогеолошком колектору или резервоару од момента инфилтрације атмосферске воде у Земљину кору до момента њеног истицања у атмосферу.

За одређивање старости хидрогеолошких ресурса, односно подземних вода, користе се различити радиоактивни изотопи елемената који се налазе у њима. То су водоник, тј. тритијум ( $^3\text{H}$ ), угљеник  $^{14}\text{C}$ , силицијум  $^{32}\text{Si}$ , хлор  $^{36}\text{Cl}$ , аргон  $^{39}\text{Ar}$ , криптон  $^{81}\text{Kr}$ , криптон  $^{85}\text{Kr}$  или однос U/He. Старост која се може одредити помоћу њих зависи од времена полураспадања  $T_{1/2}$ . Најкраће време полураспадања имају  $^{85}\text{Kr}$  (10,7 година) и тритијум (12,35 година). Због тога се користе за одређивање старости вода млађих од 50 година. Силицијум, чије је време полураспадања око 100 година, и аргон (269 година) користе се за одређивање старости вода до 1 500 година. Изотоп угљеника  $^{14}\text{C}$  има време полураспадања 5 730 година, па се због тога користи за одређивање старости вода и других материјала до 40 000 година. Хлор  $^{36}\text{Cl}$  са временом полураспа-

дања од  $3,1 \cdot 10^5$  година и криптон  $^{85}\text{Kr}$  са  $2,1 \cdot 10^5$  година служе за одређивање старости до  $1 \cdot 10^6$  година.

Од ових изотопа најпогоднији за одређивање старости су тритијум и угљеник  $^{14}\text{C}$ , док са осталима има потешкоћа. Тритијум је идеални обележивач вода уопште, јер улази у састав молекула воде. Његова распрострањеност у атмосфери је добро позната и систематски се прати. Једини недостатак у примени тритијума су ограничења због кратког времена полураспадања. Најпогоднији изотоп за одређивање старости подземних вода је радиоактивни изотоп угљеника  $^{14}\text{C}$ , зато што је једини услов да оне садрже растворене бикарбонате и да је средње време њиховог задржавања у водоносним стенама неколико хиљада година.

Мерењем специфичне активности  $^{14}\text{C}$  добија се време протекло од уласка воде у водоносну стену, односно у хидрогеолошки колектор и њену акумулацију, према једначини радиоактивног распадања:

$$T = \tau \ln (A_0 / A)$$

где је  $A$  специфична активност узорка у моменту мерења,  $A_0$  је специфична активност узорка у моменту уласка воде у Земљину кору, тј. хидрогеолошки колектор (почетна специфична активност), а  $\tau$  је средње време живота изотопа угљеника  $^{14}\text{C}$  ( $\tau = T_{1/2} / \ln 2 = 8\,270$  година). Резултати мерења специфичне активности упоређују се са специфичном

активношћу непоремећене атмосфере пре развоја индустрије и пре нуклеарних експлозија, која се зове "савремени угљеник". Резултати мерења се изражавају као године старости или као проценат активности "савременог угљеника", тако да је његова специфична активност 100 %, док је у старим кречњацима специфична активност 0%, јер се сав  $^{14}\text{C}$  распао.

Мерењем специфичне активности  $^{14}\text{C}$  и садржаја  $T$  (тритијума) утврђено је да се све подземне воде према старости могу поделити у четири групе.

**САВРЕМЕНЕ ВОДЕ.** Савремене воде имају високу специфичну активност  $^{14}\text{C}$  (>60% савременог угљеника) и концентрацију тритијума једнаку или нешто већу од годишњег просека концентрације активности тритијума у падавинама. У ову групу спадају површинске воде и подземне воде са релативно кратким временом задржавања у Земљиној кори, односно у хидрогеолошким колекторима.

**ХОЛОЦЕНСКЕ ВОДЕ.** Метеорске воде које су се инфилтрирале у хидрогеолошке колекторе у току холоцена, када је клима била топлија, и на тај начин постале подземне, не садрже тритијум и имају специфичну активност  $^{14}\text{C}$  већу 20% од специфичне активности савременог угљеника, односно њихова старост је око 10 000 година и означава крај последњег леденог доба.

**ВОДЕ СТАРЕ ОД 10 000 ДО 25 000 ГОДИНА.** Ове воде имају специфи-



чну активност  $^{14}\text{C}$  од 5% до 20% савременог угљеника, односно њихова старост је од 10 000 до 25 000 година и не садрже тритијум.

СТАРЕ ВОДЕ. У ову групу вода спадају оне воде које имају специфичну активност  $^{14}\text{C}$  мању од 3% од специфичне активности савременог угљеника, односно њихова старост је већа од 30 000 година. Ни оне не садрже тритијум. Пошто је горња граница методе одређивања старости помоћу изотопа  $^{14}\text{C}$  око 40 000 година, то у ову групу спадају и знатно старије воде.

#### СТАРОСТ НЕКИХ ХИДРОГЕОЛОШКИХ РЕСУРСА СРБИЈЕ И ЊИХОВА ВЕЗА СА ПРОМЕНАМА КЛИМЕ

Методом одређивања старости подземних вода помоћу изотопа  $^{14}\text{C}$  био је обухваћен и један број најпознатијих појава минералних и геотермалних вода, као и један мањи број плитких хладних вода са подручја Србије. Та испитивања су била изведена у периоду 1986 -1988. година и представљају до сада једина испитивања такве врсте у Југославији. Укупно је било испитано 86 узорака (Миливојевић, 1989).

На основу добијених резултата испитивања старости данашњих појава хидрогеотермалних ресурса са подручја Србије, може се закључити да је са  $^{14}\text{C}$  могуће старост воде везати за геолошку старост, тј. за

млађе одељке квартара. У вези с тим је интересантно сагледати из којег климатског периода потичу данашње подземне воде, односно колики је утицај промена климе на квалитет подземних водних ресурса.

Пошто се помоћу изотопа  $^{14}\text{C}$  може одређивати старост до 40 000 година, то се може доводити у корелацију изотопски састав воде и промена климе у холоцену.

У хидрогеолошким системима код којих колектори залежу дубоко и имају велико хоризонтално пружање, што је нарочито изражено у хидрогеотермалним системима, код тумачења услова циркулације подземних вода треба сматрати да климатске промене утичу на процесе прихрањивања и пражњења система. Општа је констатација да су глацијални периоди на већим географским ширинама и висинама били у корелативној вези са периодима мале евапорације и високих падавина на средњим географским ширинама.

Прогнозама промена климе преко промена температуре ваздуха у квартару бавило се много истраживача, тако да је израђено више модела. За нас су најважнији модели који се односе на средњу географску ширину на северној хемисфери.

Различитим методама је одавно доказано да се у току квартара клима често и знатно мењала тако да су се смењивала ледена и топла доба, тј. глацијални и интерглацијални пери-

оди. Након последње глацијације промене климе су знатно мање, јављају се у протеклих неколико хиљада година и продужавају до данас.

Промене климе услед природних узрока као што су: наизменично померање обалских линија мора и језера, исушивање мочвара, промене у режиму изданских вода, вулканске ерупције, промене у Земљиној ротацији итд. могу се индиректно одредити на основу палинолошких, палеоеколошких, историјских, изотопских и других метода и њиховом корелацијом. Промене климе могу се десити и услед вештачких узрока, тј. људске активности: крчење шума, изградњи великих градова, вештачких језера итд.

За наша разматрања најважнији су модели који се односе на средњу географску ширину на северној хемисфери. Један од најстаријих а уједно и међу најбољим палеоклиматским моделима је модел којег су израдили Ровон и Вилијамс (Rowon & Williams, 1977). По њиховој палеоклиматској реконструкцији за период од претходних 40 000 година за подручја на географским ширинама до око 25°, клима је имала следеће опште карактеристике: у периоду од 40 000 до 20 000 година пре нове ере биле су јаке и високе падавине; у периоду од 17 000 до 12 000 година пре нове ере владала је интертропска аридност и у периоду од 11 000 до 5 000 година поново су биле високе падавине.

После модела наведених аутора том проблематиком се бавило много истраживача, нарочито за време промене климе у холоцену зато што су промене температуре у овом најмлађем периоду квартара веома важне за сагледавање промена климе у историјском - прошлом, садашњем и будућем времену. Све те моделе публиковане до 1983. године су скупиле и реинтерпретирале Васур и Луказо (Vasseur & Lucazeau, 1983). По њима, на основу промена палеотемпературе сви модели се добро слажу по положају у времену топлих и хладних периода, али по амплитуди постоје знатне разлике. У свим тим моделима чињене су одређене апроксимације. Најважније и најједноставније од њих се односе на промене температуре Земљине површине у току ледених доба. Резултати њихове детаљне анализе досежу до око 12 000 година уназад почев од 1980.-те године, коју су узели као временски репер, тј. годину од које су уназад реконструисане климатске промене. Они су издвојили следеће климатске периоде:

- Субатлантски период (1 000 до 2 200 година пре 1980.-те године) генерално се сматра мало хладнијим од данашњег и са амплитудом од -1 °C до 0 °C;
- Суббореална епоха (2 200 до 5 000 година пре 1980.-те године) се сматра као позитивна, тј. топла са амплитудом од 0,5 - 2 °C;
- Атлантски период (5 000 до 7 000 година пре 1980.-те године) је најтоп-

лији у холоцену, јер је амплитуда износила 1,5 до 2,5 °C;

- Ботнијски период (7 000 до 8 000 година пре 1980.-те године) је нешто мање топао од Атлантског, његова амплитуда је ограничена са 0 °C до 1,5 °C;

- Бореални период (8 000 до 9 500 година пре 1980.-те године) је најбоље упознат, али по већини модела је топлији од данашњег, амплитуда је ограничена на 0,5 °C до 1,5 °C;

- Пребореални период (9 500 до 10 500 година пре 1980.-те године) одговара порасту температуре после плеистоценског глацијалног периода. Просечна амплитуда је била вероватно ограничена на -1,0 °C до 0 °C.

Временски интервали и промене температуре за читав холоцен су веома добро одређене. За последњи глацијални период познато је његово трајање, али су промене температуре слабо познате. У Западној Европи последња глацијација вирм (Würm) била је између 10 500 и 65 000 година пре 1980.-те године (Волард - Woillard, 1979) а опсег промене температуре сматра се да је био ограничен од -6 °C до -12 °C (Вошбурн - Washburn, 1980; Ламб - Lamb, 1977).

За палеоклиматске реконструкције је важна условљеност падавина на северној хемисфери на подручјима са мањим надморским висинама од система атмосферског притиска на јужној хемисфери. То је вероватно последица зоне високог ваздушног

притиска, која је била у вези са развојем велике ледене капе Антарктика за време глацијације. Крајем квартара по Мернеру (Merner, 1971) главна периода глацијације почела је око 25 000 година пре нове ере и трајала је до 18 000 година пре нове ере. После тог периода наступило је отопљавање, које је проузроковало топљење леденог покривача и пораст нивоа мора, и трајало је до око 7 000 година пре нове ере.

На основу наведених резултата палеоклиматских реконструкција може се закључити да је већина хидрогеолошких система са сапетим изданима, односно хидрогеотермалних система, била интензивно пражњена за време хладних периода у времену између 20 000 и 10 000 година пре нове ере, јер су падавине биле мале а подручја прихрањивања залеђена и због тога водонепропусна. Прихрањивани су кад су преовлађивали супротни климатски услови, односно у периоду између 10 000 и 5 000 година пре нове ере. Према томе, значајне промене у режимима хидрогеолошких и хидрогеотермалних система дешавале су се у периоду између 20 000 и 5 000 година пре нове ере. Садржај стабилних изотопа у водама метеорског порекла директно зависи од климатских фактора. Подземне воде у вишегодишњим интервалима одражавају углавном просечне локалне климатске услове који условљавају скоро константан садржај стабилних изотопа. Међутим, свака значајнија климатска промена у неком временском периоду, који је дуг у поређењу са изравнањем изотопског

састава локалне издани, биће обележена променом садржаја стабилних изотопа. У поређењу са млађим водама, ово палеоклиматско обележавање може да се састоји у разлици садржаја  $\delta^{18}\text{O}$  (и  $\delta\text{D}$ ) или у вишку деутеријума, или једном и другом (Фриц и Фонтез - Fritz & Fontez, 1980). Општа констатација је да мали садржаји  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta^2\text{H}$  у односу на садржај истих изотопа у данашњим падавинама означавају хладне и влажне палеоклиматске периоде.

У вези са горе изнетим зависностима и констатацијама израђени су дијаграми на којима су приказане вредности  $\delta^2\text{H}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  у испитиваним водама са поменутом палеоклиматском поделом (сл. 1 и 2).

Са сл. 1 и 2 види се да се прихрањивање скоро свих нискотемпературних отворених карстних конвективних система и система са резервоарима у гранитоидним масивима извршило при крају последњег влажног периода и после њега. Најмањи број испитиваних вода потиче из најстаријег влажног периода чија је реконструкција преко садржаја  $^{14}\text{C}$  мање сигурна у интервалу од 25 000 - 40 000 година пре нове ере. У вези ове анализе старости вода на основу методе радиоактивног угљеника  $^{14}\text{C}$  треба рећи да је тај проблем комплексан и да се најчешће добијају повишене вредности, па је нужно вршити одговарајуће сложене корекције. Оне овом приликом нису вршене тако да због тога добијене вредности за мање старости треба

сматрати сигурнијим од података за веће старости. У целини, добијени резултати се добро слажу са хидрогеолошким моделима већине система по питању начина, правца и дужине трајања циркулације вода у њиховим резервоарима и веома су илустративни по питању доказивања одрживости хидрогеолошких ресурса у односу на садашње и будуће климатске промене.

### ЗАКЉУЧАК

Испитивања старости хидрогеолошких ресурса, односно главних појава геотермалних вода са подручја Србије помоћу изотопа  $^{14}\text{C}$  дало је веома корисне резултате на основу којих се могу доводити у везу промене климе у претходних 40 000 година и њихов утицај на хидрогеолошке, односно хидрогеотермалне системе. Практичан значај добијених резултат је још већи, зато што се на основу њих може тврдити да су хидрогеолошки системи са сапетим изданима на подручју Србије веома одрживи у погледу квалитета њихових водних ресурса, као и у погледу њихових количина.



Сл. 1. Садржај  $\sigma^{18}\text{O}$  (кисеоника) у геотермалној води у односу на њену старост одређену на основу садржаја  $^{14}\text{C}$  (угљеник).



Сл. 2. Садржај  $\sigma\text{D}$  (деутеријум) у геотермалној води у односу на њену старост одређену на основу садржаја  $^{14}\text{C}$  (угљеник).

## ЛИТЕРАТУРА

- CRAIG H. 1961. Standard for reporting concentrations of deuterium and oxygen-18 in natural water. *Science*, 133:1833-1834.
- ČERMAK V. 1971: Underground temperature and inferred climatic temperature of the past millenium. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 10: 1-19.
- ERICSON D. R. & WELLING G. 1970: Pleistocene Climates in the Atlantic and Pacific Oceans: A Comparison Based on Deep-Sea Sediments, *Science* 167, 1483-1485, New York.

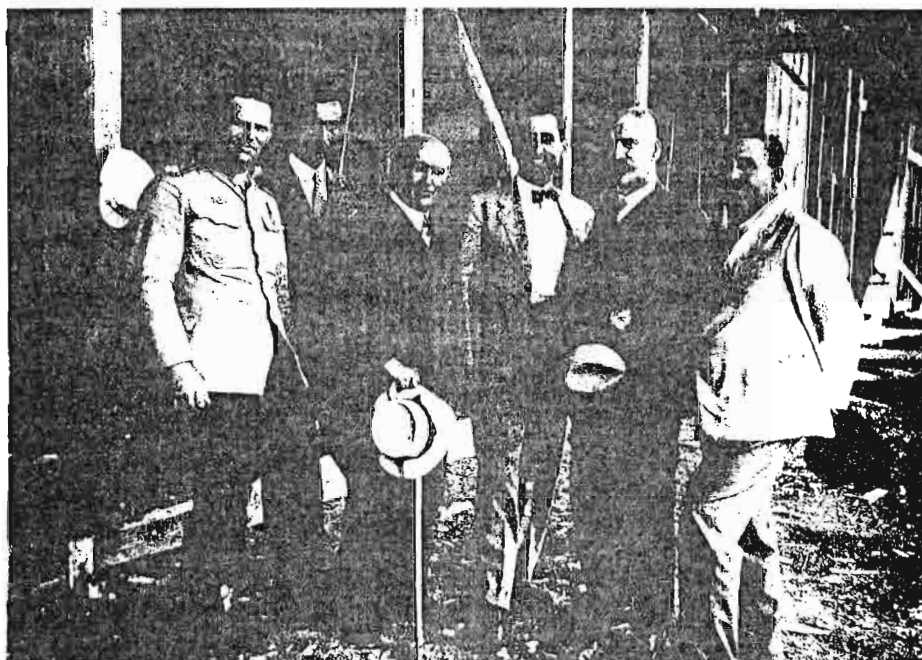
- Oceans: A Comparison Based on Deep-Sea Sediments, Science 167, 1483-1485, New York.
- FRITZ P. & FONTEZ J. 1980: Handbook of Environmental Isotope Geochemistry, Vol. 1, Elsevier, Amsterdam, 515.
- Lamb H. 1977: Climate: present, past and future-Vol. 2: Climate history and the future. Methuen and Co. Ltd, 833, London.
- Milanković M. 1941: Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem. Academie Royale Serbe, Section des Sciences Mathematiques et Naturelles, Tome 33, 633, Belgrade.
- MILIVOJEVIĆ M. 1989: Ocena geotermalnih resursa teritorije SR Srbije van teritorija SAP.- Doktorska disertacija, Rud.-geol. fak., Univ. u Beogradu, Beograd, 456, (nepublikovano).
- PANTIĆ N. 1986: Globalne promene klime u tercijaru, paleofitogeografija i usavršavawe fitogeografskih korelacija. XI Kongres geol. Jug., Kw. II, SGD & SITRGM, 25-34, Beograd.
- ROWON & VILIAMS M.A.J. 1977: Late Quaternary climatic changes in Australia and North Africa: a preliminary interpretation. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 21, 285-237.
- VAN EYSINGA F.W.B. 1975: Geological Time Table, Elsevier, Amsterdam.
- VASSEUR G. & LUCAZEAU F. 1983: Bounds on paleotemperatures and paleoclimatic correction. In: R. Haenel & M. Gupta (Eds.): result of the First Workshop on Standardization in Geothermics. Zentralblatt fur Geologie u. Palaontologie, Teil 1, Heft 1/2, 17-24, Stuttgart.
- WASHBURN A. 1980: Permafrost features as evidence of climatic change. Earth Science Rev. 15, 327-402.
- WOILLARD G. 1979: The last interglacial-glacial cycle at Grande Pile in Northeastern France. Bull. Soc. Belge Geol. 88, 51-69.

Key words: Geothermology, climatic change, paleotemperature, paleoclimate, borehole, temperature measurements.

Abstract: On the basis of various published information, the range of possible paleotemperature, or climatic, changes during the Nolocene is discussed for European realm of middle geographic latitude, including Yugoslavia. Also, possible climatic changes in Belgrade area during the 19th and 20th centuries are discussed, based on air and rock-mass downhole measurements from 1832 to 1902-1906. The indentified change indicate a climatic change congruent with the known period of global warming from 1880 to 1940.

## ЈЕДНА ФОТОГРАФИЈА

Душан Адамовић



На фотографији у средини стоји са штапом и шеширом професор др Милутин Миланковић, пројектант хангара који су тада 1929. или 1930. године грађени на земунском аеродрому. На левом крају фотографије налази се г. Драгош Адамовић, који је на војној вежби у униформи резервног ваздухопловног капетана I класе учествовао у извођењу и надгледању ових радова, као и, по својој прилици, остале особе на слици.

Податке је дао др Душан Адамовић,  
професор Математичког факултета у пензији  
на чему му се Организациони одбор најтоплије захваљује.



Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 112 - 121, Београд

## ПРИМЕНА МАТЕМАТИЧКЕ ТЕОРИЈЕ КОЛЕБАЊА КЛИМЕ МИЛУТИНА МИЛАНКОВИЋА У СТРАТИГРАФИЈИ

Слободан Кнежевић<sup>1</sup> и Драженко Ненадић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Институт за Регионалну геологију и палеонтологију,  
Каменичка 6, Београд.

**Апстракт:** У раду је дат приказ примене математичке теорије колебања климе Милутина Миланковића у историјској геологији (стратиграфији). Милутин Миланковић се с правом сматра оснивачем палеоклиматологије у свету. С обзиром да су климатске промене на Земљи оставиле своје трагове у рељефу и у седиментима, то је његова крива колебања климе нашла широку примену у стратиграфији за глобалну класификацију, рашчлањавање и корелацију геолошких творевина. Поступак за рашчлањавање, класификацију и корелацију, заснован на коришћењу палеоклиматске интерпретације литолошко - фазијалних особина стена и геоморфолошких облика, назива се климатостратиграфија.

**Кључне речи:** Миланковић, астрономска крива колебања климе, палеоклиматологија, геологија, стратиграфија, кенозоик, квартар, Југославија.

### УВОД

Епохално дело Милутина Миланковића, математичка теорија колебања климе и његова крива осунчавања, на уочљив и једноставан начин показало је како је обављено колебање сунчеве енергије које су поједине тачке на Земљиној површини прими-ле за последњих 650 000 година, током квартарне периоде. Оно је дало

најлогичније објашњење о природи и еволуцији глобалних захлађења на Земљи у њеној релативно блиској геолошкој прошлости, праћених појавама великих ледника у пределима виших геолошких ширина и на високим планинама. Миланковићева крива осунчавања појавила се скоро 90 година после пионирског предавања алпског истраживача Луја Агазиса одржаног у швајцарском граду Ној-



шателу. Овај природњак је први јавно изнео тада јеретичку теорију о постојању леденог доба и указао на ледничко порекло многих геолошких творевина и геоморфолошких облика у Алпима, ван данашњег појаса заглечаравања.

Наследници Луја Агазиса су у Алпима и у теренима простирања некадашњих континенталних глечера утврдили постојање ерозионих и акумулативних облика више генерације ледника различите старости. То је навело глациологе да изврше стратиграфско рашчлањавање квартарних творевина и хроностратиграфску поделу антропогена на основу смене палеоклиматских циклуса.

Миланковићева крива осунчавања, након своје промоције, искоришћена је за ревизију првобитне стратиграфске поделе плеистоцена Алпа. Много година касније, комплексна и мултидисциплинарна геолошка истраживања у различитим областима света, потврдила су значај Миланковићеве теорије за глобалну корелацију и употребљивост палеоклиматских метода за стратиграфска рашчлањавања. Од посебног су значаја истраживања у морским басенима, где је обављена континуирана седиментација у току плиоцена и квартара.

#### ДОПРИНОС МИЛАНКОВИЋЕВЕ ТЕОРИЈЕ РЕВИЗИЈИ СТРАТИГРАФСKE ПОДЕЛЕ ПЛЕИСТОЦЕНА АЛПА

Истражујући глацијалне облике у Алпима геоморфолози А. Пенк и Б. Брикнер издвојили су четири циклуса заглечаравања у највишим планинама Европе и на основу тога извршили поделу плеистоцена (раније дилувијума) на четири одељка.

Планински масив Алпа пружа се у дужини од око 1 050 km, са висинама од 4 000 до 4 500 m и више. Данас је око 3 850 km<sup>2</sup> у Алпима покривено глечерима, док је у плеистоцену, током максималног распрострањења, лед прекривао површину од 150 000 km<sup>2</sup> и значајно утицао на климу у Европи. Алпски глечери су се на северу спуштали до надморске висине од 500 m, а на југу и до висине од 100 m. Висина снежне границе спуштала се до 1 800-2 000 m, док се данас у средишњим Алпима налази на око 3 200 m.

Заглечаравање у Алпима почињало је ширењем долинских глечера који су се напредовањем глацијације повећавали и међусобно спајали. Тако се формирао планински леднички штит који је местимично, изнад дубоких долина, достигао дебљину до 1 500 m, из кога су вирили, као нунатаци, само највиши врхови.

У глечерским долинама ерозија је била интензивна. Акумулацијом моренског материјала формирани су лучни бедеми чеоних морена који преграђују глечерске долине, односно данашње субалпијске реке. На спољашну страну чеоних морена налањају се акумулативне флувиоглацијалне терасе. Такве терасе прате токове готово свих алпских река које извиру у области некадашњих глечера. Нарочито су бројне и значајне за стратиграфију плеистоцена Алпа терасе десних дунавских притока у Баварској и северној Аустрији: Илера, Леха, Илма, Ина, Салзаха и др.

Подела плеистоцена у Алпима извршена је првенствено на основу анализа присуства и броја флувиоглацијалних тераса у Алпима сачуваних

изнад токова притока Дунава и Роне.

Радовима А. Пенка и његових сарадника утврђено је да се чеоне морене у Баварској, Швајцарској и Аустрији могу сврстати према суперпозицији у четири групе, које се степеничasto налазе уз реку на различитим висинама. Са сваком чеоном мореном стоји низводно у вези по једна флувиоглацијална тераса. Издвојене су следеће терасе:

- "тераса старијег покровног шљунка" ("Deckenschotter I")
- "тераса млађег покровног шљунка". ("Deckenschotter II")
- "висока шљунковита тераса" ("Hochterrassenschotter")
- "ниска шљунковита тераса" ("Niederterrassenschotter").

Прва је најстарија и ослања се на најстарије чеоне морене, четврта је најмлађа и изнад данашњег речног корита. Старије терасе остале су у "висећем положају" у односу на дно речне долине и знатним делом су разорене постглацијалном ерозијом и денудацијом. С обзиром на непосредну везу са суседном чеоном мореном, А. Пенк је сматрао да свака флувиоглацијална тераса одговара једном глацијалном стадијуму и закључио да су се у Алпима смениле четири глацијације: Vürm (вирм), коме одговара "ниска тераса", Riss (рис) - "висока тераса", Mindel (миндел) "тераса млађег покровног шљунка" и Günz (гинц), коме одговара "тераса старијег покровног шљунка". Глацијације су добиле име по водоцима у Баварским Алпима дунавског слива и то Гинц, Миндел, Рис, а Вирм је притока реке Изер у сливу Роне.

Наведене глацијације раздвојене су топлим интерглацијалима када су се глечери повлачили, препуштајући своје долине раду речне ерозије. Док се током глацијала вршило интензивно насипање терасног шљунковитог материјала, у интерглацијацијама алпске реке са повећаном количином воде, продубљују своје корито и усецају се испод акумулативне терасе. Има, међутим, терасних шљункова и из интерглацијалних стадијума, као што су, нпр., шљункови депоновани између два хоризонта чеоних морена. Према томе, геоморфолошком анализом у Алпима издвојена су два типа акумулационих тераса, један који је у вези са моренама (флувиоглацијалне терасе) и други, из интерглацијалних стадијума (флувијалне или речне терасе).

Три интерглацијације које су издвојене између наведене четири глацијације означене су, према старијој и млађој глацијацији, као рис - вирмски интерглацијал (R/W), миндел - рис (M/R) и гинц - миндел интерглацијација (G/M). Оне су приближно корелисане са интерглацијацијама *ем*, *холштајн* и *кромер* из области континенталних ледника у северној Европи.

Миланковићева крива осунчавања појавила се након наведене поделе плеистоцена у Алпима. Највреднија одлика Миланковићеве теорије била је у томе што је пружала могућност да се провере претпоставке засноване на геолошким сведочанствима о минулим климама. Теорија је прецизно указивала на време када су се стварали глечерски наноси и на могућу количину наноса у функцији степена осунчаности Земљине површине у појединим одељцима квартара за последњих 650 000 година. Та

предвиђања била су садржана у трима, готово идентичним кривама, које су показивале раније промене летњих осунчавања на 55, 60 и 65 степени северне географске ширине. Према теорији, сваки минимум осунчавања указивао је на ледено доба. У поменутом периоду било је девет минимума.

Применом сазнања добијених кривом осунчавања глациолози В. Кепен (W. Köpen) и А. Вегенер (A. Wegener), а затим В. Зергел (W. Soergel) и Ф. Цојнер (F. E. Zeuner) извршили су ревизију постојеће Пенк - Брикнерове поделе плеистоцена у Алпима.

Кепен и Вегенер су истакли чињеницу да се температурни минимуми не налазе на једнаким међусобним интервалима, већ формирају карактеристичан неправилан низ. Последња три минимума била су груписана заједно и чинила триплет. Требао би да одговарају подфазама последњег леденог доба од пре 115, 72 и 25 хиљада година. Других шест минимума јавило се у паровима. Сам Миланковић је указао на необично дуг интервал високих вредности осунчавања који се налази око средине графика. Предвидео је да ће се овај интервал у геолошким истраживањима показати као дуготрајно интергласијално доба. На основу овог упоређења В. Зергел и Ф. Цојнер су сматрали да су максимуми заглечеравања пали у следеће године: Гинц I 590, Гинц II 550, Миндел I 476, Миндел II 435, Рис I 230, Рис II 167, Вирм I 115, Вирм II 72 и Вирм III 25 хиљада година.

У интергласијалним стадијумима, у мањим језерима или мочварама алпске области, таложили су се лимнички и баруштински седименти,

као што су тракасте глине, језерска креда, шкриљави лигнит и др.

Ревизијом и допуном Пенкове четворочлане поделе плеистоцена у Алпима утврђено је смењивање више хладних (стадијали) и топлих епизода (интерстадијали) у оквиру раније издвојених глацијација. Већина аутора издвојила је три стадијала и два интерстадијала у вирмској глацијацији и по два стадијала и један интерстадијал у рису, минделу и гинцу.

Такође су у новије време издвојена и два, од гинца старија глацијала у Алпима: "Донау" (Данубиус, Дунав) и "Бибер". По времену њиховог трајања они припадају старијим одељцима плеистоцена (према данашњим схватањима трајања квартара) и ни су обухваћени Миланковићевом кривом.

Миланковићева крива осунчавања посредно је послужила алпским геолозима и за одредбу апсолутне старости неких фосила. Ослањањем на резултате математичких израчунавања времена у коме су се јавили максимуми и минимуми инсолације и заглечеравања одређивана је чак и старост фосилних хоминида (људи). На основу блиске повезаности између моренских бедема, несумњивих производа глацијалне седиментације и акумулативних тераса дуж алпских река у чијим су слојевима откривени фосилни остаци људи и њихова делатност, дошло се до закључка да је, нпр., Хајделбершки човек (*Homo erectus heidelbergensis*) живео пре 300 000 година, а Неандерталац (*Homo sapiens neanderthalensis*) пре 115 - 100 000 година. Нешто млађи *Homo sapiens fossilis* из Оберкасела (код Бона) појавио се пре 60 000 година.

МИЛАНКОВИЋЕВА КРИВА  
ОСУНЧАВАЊА И  
КЛИМАТОСТРАТИГРАФИЈА

Милутин Миланковић се данас у научном свету сматра за утемељивача научне дисциплине *палеоклиматологије*. Како су промене климе на Земљи оставиле своје "трагове и записе" у стенама и рељефу, то се ова чињеница користи у методологији истраживања историјске геологије (стратиграфије). За рашчлањавање и класификацију засновану на коришћењу палеоклиматских интерпретација литолошко - фацијалних особина стена предложен је назив *климатостратиграфија* (В. А. Зубаков, 1967).

За сада је највећу примену у рашчлањавању, класификацији, као и паралелизацији наслага, климатостратиграфија нашла у изучавању творевина квартарне периоде. Томе је у многоме допринела и могућност упоређивања резултата истраживања са Миланковићевом кривом осунчавања. Познато је да су у рашчлањавању квартара често неприступачне класичне биостратиграфско-палеонтолошке методе као што је метода карактеристичних фосила и сл. Због краткоће трајања периоде овде имамо мало примера постојања поузданих карактеристичних или индекс фосила за његове поједине одељке. У квартару се више него у старијим периодама срећемо, нпр., са копненим фосилима. Они су за разлику од морских више зависни од климатских прилика, али више на основу тога колико указују на особине климе која је владала у периоду настанка неког слоја, него на основу појављивања или ишчезавања неких врста током антропогена. За овај стратиграфски одељак је карактеристично да има мало примера који указују на нестанак егзи-

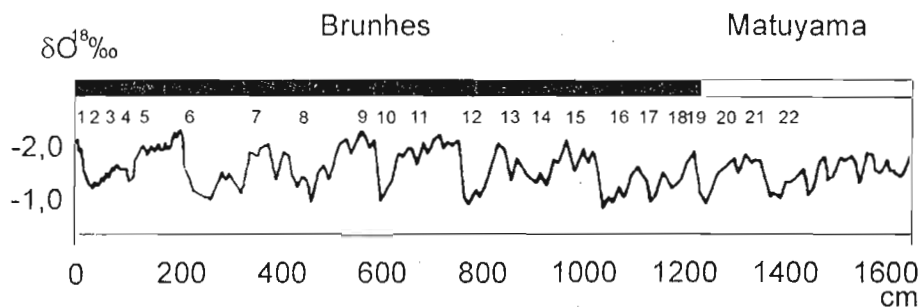
стовања старих и појаву нових врста, на основу којих би се извршило стратиграфско рашчлањавање. У палинолошким спектрима, нпр., одражавају се стадијуми ширења и повлачења леденог покривача (инландајса) или спуштања на мање висине и повлачења ка планинским врховима снежне границе у јужној, средњој Европи и Балканском полуострву. Квалитативна обележја спектра, међутим, током плеистоцена нису битније измењена, јер су у њима заступљене исте врсте, а то су врсте које се срећу и данас међу савременим биљкама. Слична запажања произилазе и из анализе смењивања сисарских фауна током плеистоцена, које више указују на промене ареала облика који живе и данас

С обзиром да Миланковићева крива осунчања представља теоријски модел мењања климе у делу антропогене периоде, то су се и резултати климатостратиграфских проучавања овог одељка увек упоређивали са њом. Извесна неслагања која су постојала упоређивањем климатостратиграфских изучавања фосилних заједница и литолошких особина седимената са Миланковићевом кривом, обично су била условљена постојањима локалних чинилаца који су утицали на промене климе (тектонски покрети, вулканизам, морске струје, специфичности у рељефу и др.).

Значај палеоклиматолошких метода у стратиграфији веома је порастао увођењем у палеоклиматологију изотопне палеотермометрије (С. Emiliani, 1955). Ова веома прецизна метода реконструкције температуре вода некадашњих мора и океана, заснована на зависности односа кисеоникових изотопа ( $^{18}\text{O}$  и  $^{16}\text{O}$ ) у морској води и љуштурама организама од темпера-

туре воде, омогућава веома прецизна рашчлањавања слојева седиментних стена. Ширење или отапање леденог покривача на северној хемисфери током плеистоцена утицало је и на повећање, односно смањивање температуре морске воде, а тиме и на односе кисеоникових изотопа у љуштурицама фосилних организама (укључујући и фораминифере) који

су тада живели. На основу односа кисеоникових изотопа С. Emiliani (1955) је у епохи нормалног намагнетисања Бринес ("Brunhes", сл. 1) издвојио 19 катова изотопне палеотермометрије, са средњом дужином трајања сваког од њих око 10 - 60 000 година.



Сл. 1. Подела на катове изотопне епохе Бринес. Крива 1 - 22 изотопни кативи, цифре испод линије означавају дебљину слојева.

Блиске вредности изотопног састава (сл. 2) добијене су, према испитивањима Шеклтона и Опдајка (1973), за северне и екваторијалне делове Атланског океана, Карибско море, Тихи океан и обалу Аустралије. Значајно је да се овако добијени резултати слажу са резултатима палинолошких спектра тресета. Упоредивањем криве односа кисеоникових изотопа у талозима тропског појаса Тихог океана и криве садржаја полена у профилу тресета код града Лиера у Белгији, запажа се да су у рис - вирмском интергласијалу постојале три етапе релативно топлије климе и две етапе мањег захлађења (сл. 3). Ово се приближно слаже са кривом колебања климе коју је дао Милутин Миланковић, као и подаци глобалних крива палеотермометрије у квартару.

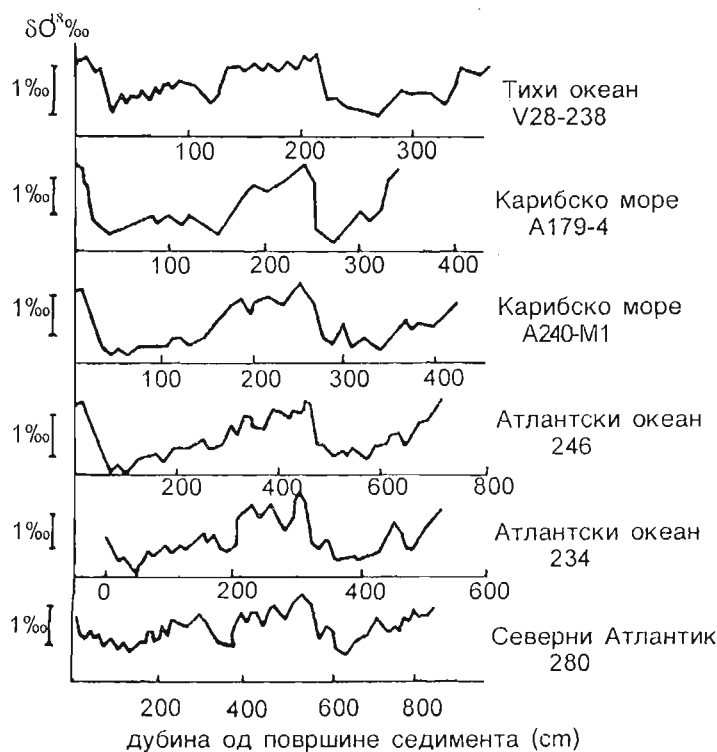
На основу наведених примера може се закључити да се у даљем развоју изотопне палеотермометрије, пошто већ на садашњем нивоу указује на могућност глобалних корелација, могу очекивати значајни резултати. Врло је вероватно да ће применом овог начина испитивања моћи да се рашчлањавају и творевине старије од антропогена, или да се њима допуњавају па и проверавају рашчлањавања одређена на основу палеонтолошких података.

Досадашња истраживања у нашој земљи указала су на значај које су имале климатске промене на развој рељефа и стварање седимената.

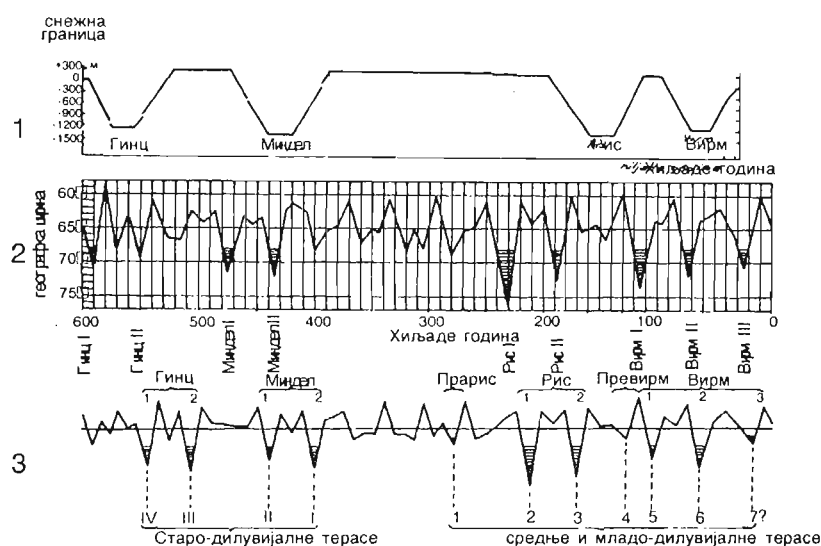
У високим планинама Црне Горе и Србије има много трагова ледених доба чији је карактер најпотпуније

објаснила Миланковићева крива осунчавања. Поменимо да су у подножју Проклетија према пећкој котлини наноси морена дебели преко 300 м. Флувиоглацијалне терасе у долини Мораче достижу дебљину и до 100 м и даље се простиру према Зетској

равници све до Скадарског језера. На ледена доба подсећају глацијална језера на Дурмитору, Шар планини, затим Плавском језеру, Биоградском језеру на Бјеласици, многобројни циркови, моренски бедеми и др.



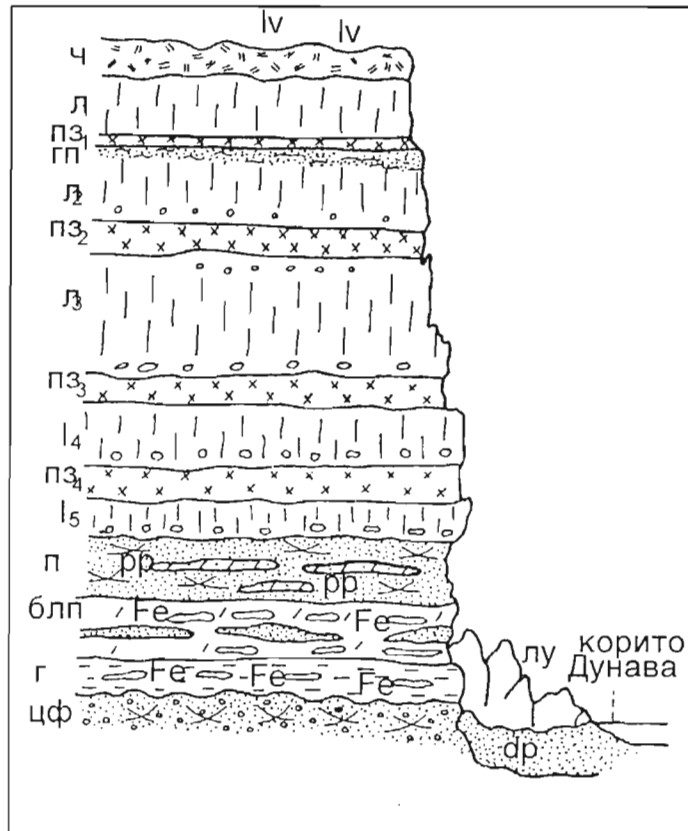
Сл. 2. Криве колебања вредности  $O^{18}$  код седимената на дну различитих океана и мора. Уочљива је подударност на различитим географским ширинама.



Сл. 3. 1-Крива ледених доба (А. Пенк), 2-крива инсолације (М. Миланковић), 3-крива заглечеравања (Б. Еберле).

Ипак најперспективније области за климатостратиграфска истраживања и корелације са Миланковићевом кривом, према нашем мишљењу, треба тражити у некадашњим периглацијалним областима где је одржан дужи континуитет у седиментацији. Такви су били терени у неким деловима Војводине, с тим што тре-

ба имати у виду да се овде од плиоцена до данас мењао палеогеографски амбијент, од палудинског језера до сувих степа у којима се таложио копнени лес. Управо се у лесу (сл. 4 и 5) маркантно одражавају смене хладних епизода (лес) и топлих интервала (погребене земље).



Сл. 4. Профил лесног одсека на обали Дунава у Земуну (Ласкарев, 1926).

Друга интересантна област за слична проучавања у нашој земљи били би терени око великих река Дунава и Мораве са речним терасама из различитих стадијума развића флувијалних процеса. У овим теренима је у најмлађим одељцима Земљине историје (крајем плиоцена и током квартара) након повлачења вода Паратетиса доминантан утицај на обликовање рељефа имао флувијални процес. На развој флувијалне ерозије и седиментације у многome су утицале флукутације нивоа Црног

мора у току захлађења и појава заглечаравања и спуштања морског нивоа, као и отопљавања праћеног издизањем мора.

Нажалост, досадашња климатостратиграфска истраживања на тлу Југославије која би могла да се корелишу са Миланковићевом кривом осунчавања су недовољна. Надајући се бољим временима за нашу геолошку науку можемо констатовати да нам тек предстоје озбиљнија проучавања у том правцу.

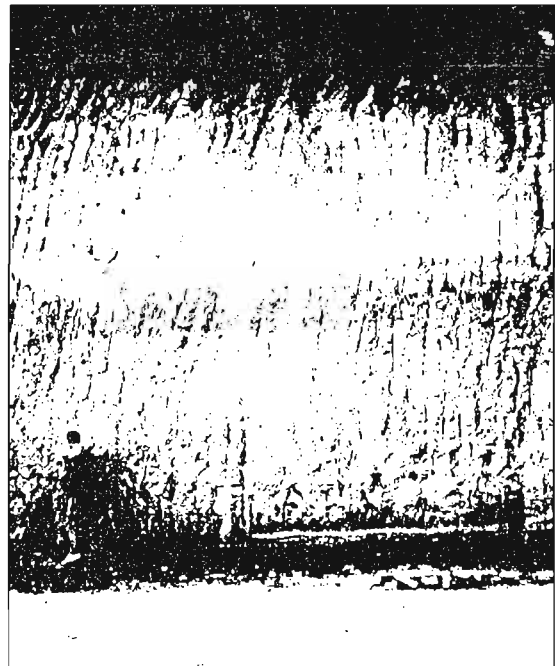
## ЗАКЉУЧАК

Климатске промене оставиле су своје трагове у Земљиној кори, на њеном рељефу и у седиментима. Милутин Миланковић је светској науци дао математички модел колебања климе на Земљи у функцији положаја и кретања небеских тела (Земље и Сунца) током дела квартарне периоде. Његова крива осунчавања омогућила је широку примену палеоклиматолошких метода у стратиграфији (историјској геологији). Због тога је у овој геолошкој дисциплини уведен термин климатостратиграфија. Он обухвата поступак рашчлањавања, класификације и корелације заснован на коришћењу палеоклиматолошке интерпретације литолошко-фацијалних особина стена и геоморфолошких облика.

Миланковићева крива осунчавања је од раније искоришћена од стране геолога и геоморфолога за допуну и ревизију стратиграфске класификације плеистоцена у Алпима. Чак је омогућила и приближну одредбу апсолутне старости неких геоморфолошких облика и седимената са налазима фосила. Ослањањем на резултате математичких израчунавања времена у коме су се јавили максимуми, односно минимуми инсолације, односно упоређивањем кривих инсолације и заглечаравања отворене су могућности за одредбу апсолутне старости фосилних људи и њихових култура. На основу блиске повезаности између моренских бедема (производа глацијалне седиментације) и акумулативних тераса дуж алпских река са налазима фосилних људи, утврђена старост "Хајделбершког човека" (*Homo erectus heidelbergensis*) око 300 000 година и "Неандерталца" (*Homo sapiens*

*neanderthalensis*) од око 100 - 115 хиљада година, док се за *Homo sapiens fossilis* из Оберкасела процењује да је стар око 60 000 година.

Миланковићева теорија је потврђена новијим мултидисциплинарним истраживањима у разним деловима света. Значај палеоклиматских метода у стратиграфији веома је порастао увођењем у палеоклиматологију изотопне палеотермометрије (палеоте-



Сл. 5. Профил лесних наслага у улици Тошин Бунар (Земун) где се виде два хоризонта леса раздвојена погребеном земљом.

мпературна метода). Она полази од чињенице да глобалне промене температура утичу на биохемију морских једноћелијских организама - фораминифера. Заснована је на зависности односа кисеоникових изотопа у љуштурицама организама од температуре воде и омогућава веома пре-



цизна рашчлањавања слојева седиментних стена.

Досадашња геолошка истраживања у нашој земљи указала су на значај које су климатске промене имале на развој рељефа, као и на дебљину и фацијалне карактеристике седимен-

тних стена на простору Југославије. Међутим, нама тек предстоје права наменска мултидисциплинарна истраживања, која би обухватила палеоклиматолошке методе и корелацију геолошких творевина са наших терена са Миланковићевом кривом колебања климе.

## ЛИТЕРАТУРА

- ЦВИЈИЋ Ј. 1903: Нови резултати о глацијалној епоси Балканског полуострва.- Глас. Срп. краљ. акад., књ. LXV, Београд.
- ЦВИЈИЋ Ј. 1921: Ђердапске терасе.- Гласник СКА, књ. 101, св. 43, Београд.
- ЕРЕМИЈА М. 1983: Историјска геологија (стратиграфија). Општи део.- Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
- EMILIANI C. 1955: Pleistocene temperatures.- Jour. Geol., vol 63. N. 6.
- LASKAREV V. 1922: Sur le loess des environs de Belgrade.- Geol. anal. Balk. pol., књ. VII, sv. 1, Beograd.
- ЛАСКАРЕВ В. 1951: О стратиграфији квартарних наслага Војводине.- Геол. anal. Бал. пол., књ. XIX, 1-19, Београд.
- MILANKOVITCH M. 1930: Mathematische klimalehre und astronomische Theorie der Klima schwankungen. Hdb. Klimat
- РАКИЋ М. 1977: Генеза и стратиграфија квартарних седимената у сливу Јужне и Западне Мораве.- Расправе Завода за геолошка и геофизичка истраживања, XVIII, Београд.
- РАКИЋ М. 1985: Регионални преглед квартарних наслага у котлинама и делу Панонског басена у Србији.- Симпозијум развоја регионалне геологије и палеонтологије у Србији до II светског рата, Београд.
- SHACKLTON N. J. & OPDYKE N. D. 1973: Oxygen isotopic and paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific.- Quat. Res. Vol. 3, No 1., New York-London.
- СТЕВАНОВИЋ П. 1967: Стратиграфске цртице трагом Цвијићевих површи ниске Шумадије.- Геолошки гласник, књ. V, 65-85, Титоград.
- СТЕВАНОВИЋ П., МАРОВИЋ М. и ДИМИТРИЈЕВИЋ В. 1992: Геологија квартара.- Научна књига, Београд.
- ZEUNER F. 1958: Dating the Past, An Introduction to Geochronology.- Butler & Tanner, London.
- ZEUNER F. 1959: The Pleistocene Period: Its Climate, Chronology and Faunal Successions.- Hutchinson Sc. & Tech., London.



Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 122 - 124, Београд

## О ЈЕДНОМ ДОКУМЕНТУ ИЗ 1949. ГОДИНЕ

Ненад Д. Миловановић<sup>1</sup> и Лука Ч. Поповић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Астрономска опсерваторија, Волгина 7, Београд  
nmilovanovic@aob.bg.ac.yu

Документ је нађен у Архиву Србије у  
досијеу Министарства Просвете Ми-  
лутина Миланковића. Заведен је под  
бројем Г - 183, М - XXXV - 43. Из

документа се види да је писан на  
две машине.

Текст из документа гласи (видети  
слику):

Миланковић Милана Милутин,  
редовни професор

Предаје математику.

Рођен је 1879 г. у Даљу.

По народности је Србин.

Реалку је учио у Осјеку. ???  
је техничке науке и докторат у  
Бечу. Зна немачки и француски  
језик.

Од 1909. г. је професор  
Универзитета.

Од онда, па све до данас бави се  
искључиво науком.

Не знамо шта је радио за време  
рата. Одличан стручњак и  
научњак.

У својој ужој грани није изградио  
ни једног наследника. Врло је стар  
о неком даљем развоју нема ни  
говора.

Отаљава редовно предавања без  
неког  
нарочитог залагања за студенте.  
Добар педагог. По политичкој

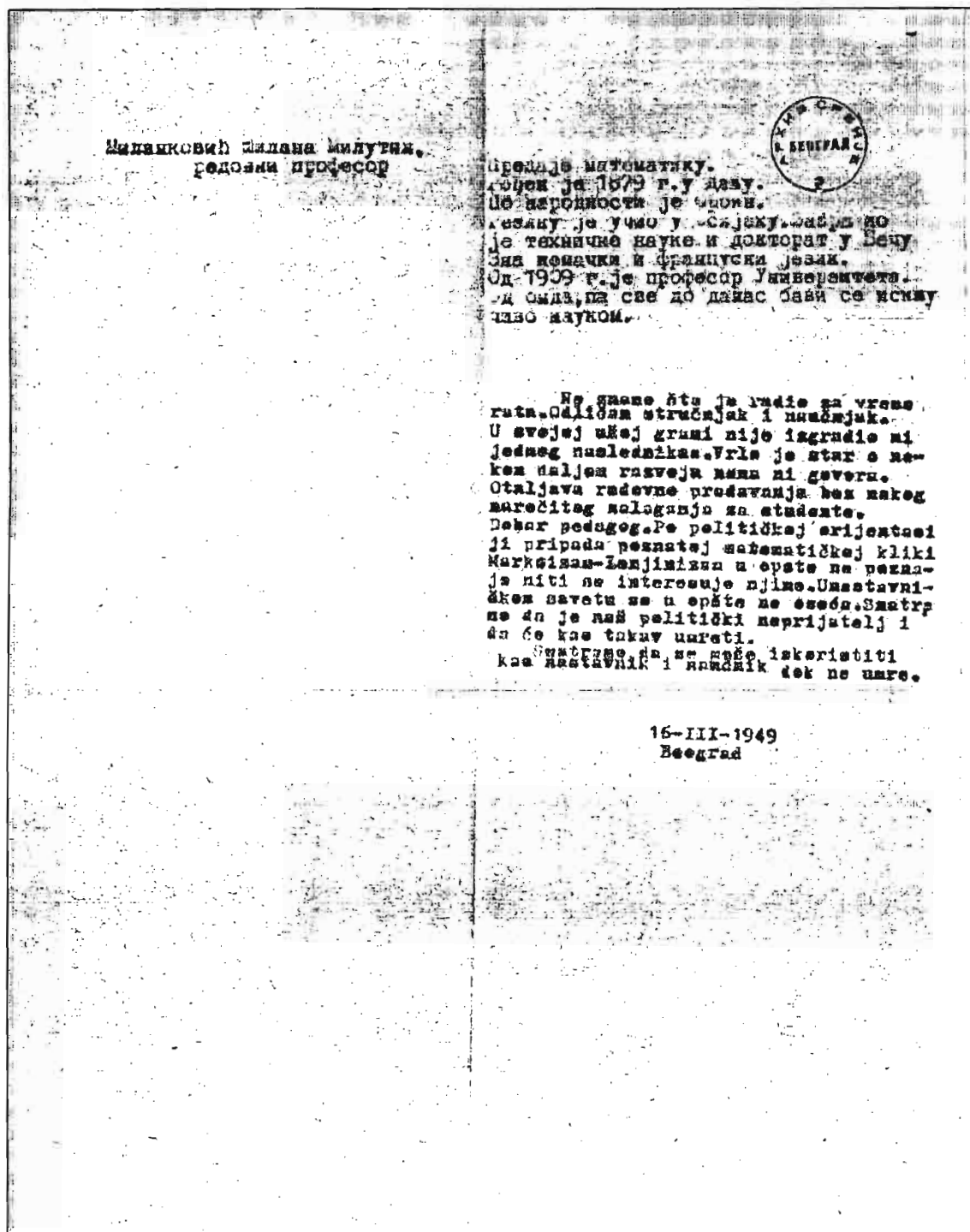
Оријентацији  
припада познатој математичкој  
клици.

Марксизам-Лењинизам у опште не  
позна је  
нити се интересује њиме. У  
наставничком савету се у опште  
не осећа. Сматрамо  
да је наш политички непријатељ и  
да ће као такав умрети.

Сматрамо да се може искористити  
као наставник и научник док не  
умре.

16-III-1949  
Београд

Захваљујемо се Архиву Србије у Жаркову, Булевар младих 5, Београд.



Слика документа о Милутину Миланковићу из Архива Србије



Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 125 - 149, Београд

## ПРИЛОЗИ ЗА БИОГРАФИЈУ МИЛУТИНА МИЛАНКОВИЋА

Јелена Милоградов - Турин

Математички факултет, Катедра за астрономију, Универзитет у Београду,  
Студентски трг 16, 11 000 Београд, Југославија  
e-mail: jelenam@matf.bg.ac.yu

Exegi momentum

Я памятник себе воздвиг нерукотворный;

К нему не заростет народная тропа;...

А. С. Пушкин (1836)

### 1. НЕРУКОТВОРЕНИ СПОМЕНИЦИ

#### 1. 1. МАЛА ПЛАНЕТА МИЛАНКОВИЋ

Малу планету која је добила име Миланковић открио је Перо Ђурковић, астрографом отвора 300 mm жижне даљине 1 500 mm, за време свог боравка на опсерваторији у Иклу (Uccle), у Белгији. Добила је привремену ознаку 1936GA. То је прва мала планета коју је открио један југословенски астроном.

Независно ју је открио две године касније Милорад Протић, астрогра-

фом Астрономске опсерваторије у Београду, отвора 160 mm и жижном даљином од 800 mm. Добила је привремену ознаку 1938ST (Протић-Бенишек, 1987).

Пишући о малим планетама које су откривене од стране сарадника Астрономске опсерваторије у Београду, Милорад Протић (1968) каже: "Нажалост, већина од ових објеката остала је недовршена у коначној обради (израчунате су им прве елиптичне путање и заједно са посматрачким резултатима уопште објављене у ZRI циркуларима и Bulletin-у

наше Опсерваторије), па су после поновног открића у некој од наредних опозиција (напр. мале планете 1936GA и 1941FB), били означени као нови, и нумерисани том последњом ознаком. Тако је, у извесном смислу, првенство признато страном, а не нашем посматрачу, и он задржава право да их именује."

Срећом, тако се није десило. Име малој планети дали су београдски астрономи.

Одлуку да се малој планети 1605 да име Миланковић а малој планети 1700 Звездара донело је Научно веће Астрономске опсерваторије у Београду на 16. седници, од 20. новембра 1979. године, под тачком четири, а на предлог Пере Ђурковића. Одговарајући допис је упућен Међународној астрономској унији, која је ту жељу уважила. Тиме је Астрономска опсерваторија увеличала обележавање стогодишњице рођења Милутина Миланковића.

Нумерисани планетоид 1605 се појављује под именом Миланковић од 1982. године у главном каталогу малих планета публикације *Эфемериды малых планет*.

## 1. 2. КРАТЕРИ МИЛАНКОВИЋ

Данас постоје два кратера који носе име Миланковић.

Прво се име Миланковић појавило на карти целог Месеца (*ПОЛНАЯ КАРТА ЛУНЫ*) коју је израдио Државни астрономски институт "П. К. Штернберг" и Топогеодетска служба СССР, 1966. године. Научни руководилац је био Јуриј Наумович Липскиј.

Издавач је "Наука", Москва – 1967. године.

*ПОЛНАЯ КАРТА ЛУНЫ* је израђена према фотографијама добијеним са АМС "Луна-3" (7. X 1959), "Зонд-3" (20. VII 1965) и материјалу из публикације *Атлас супротне стране Месеца (Атлас обратной стороны Луны)*. Карта дела Месечеве површине видљивог са Земље је урађена на основу тада најсавременијих фотографија Месеца.

Оријентација страна света је изведена по аналогiji са земаљском а сагласно одлуци XI скупштине Међународне астрономске уније (Беркли, 1961. године).

Номенклатура Месечевих формација, укључујући латинску транскрипцију, одговара одлукама V, XI и XII скупштине МАУ (Париз, 1935; Беркли, 1961; Хамбург, 1964).

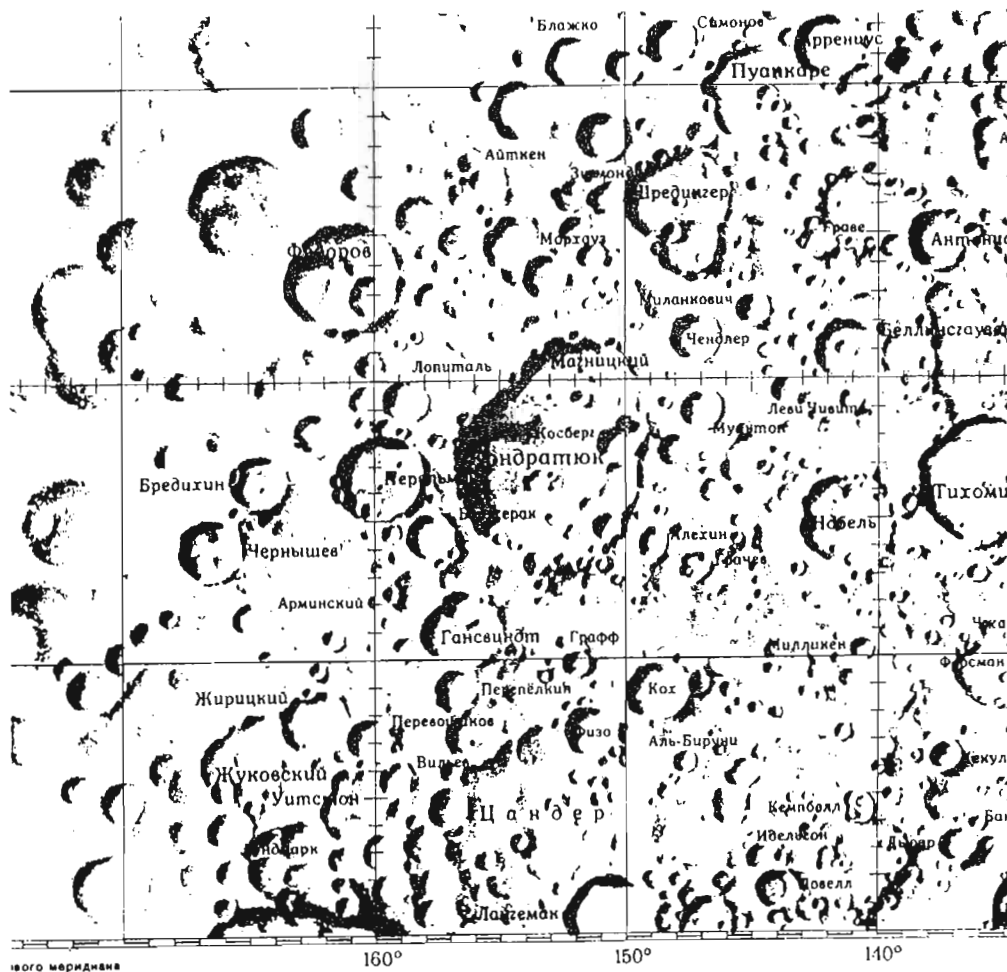
На тој карти кратер Миланковић је имао селенографске координате +145° и +22°, што значи да се налази на невидљивој (са Земље) страни Месеца, ка западу од нултог меридијана и доста близу Месечевог екватора (Слика 1). Био је мали, али јасно изражен. У његовој близини су били кратери названи у част тако значајних личности као што су Чендлер, Шредингер и Нобел.

Међународна астрономска унија (МАУ) је 1967. године основала радну групу, која је саставила списак назива за преко 500 кратера на невидљивој страни Месеца (Колчинский и др., 1986).

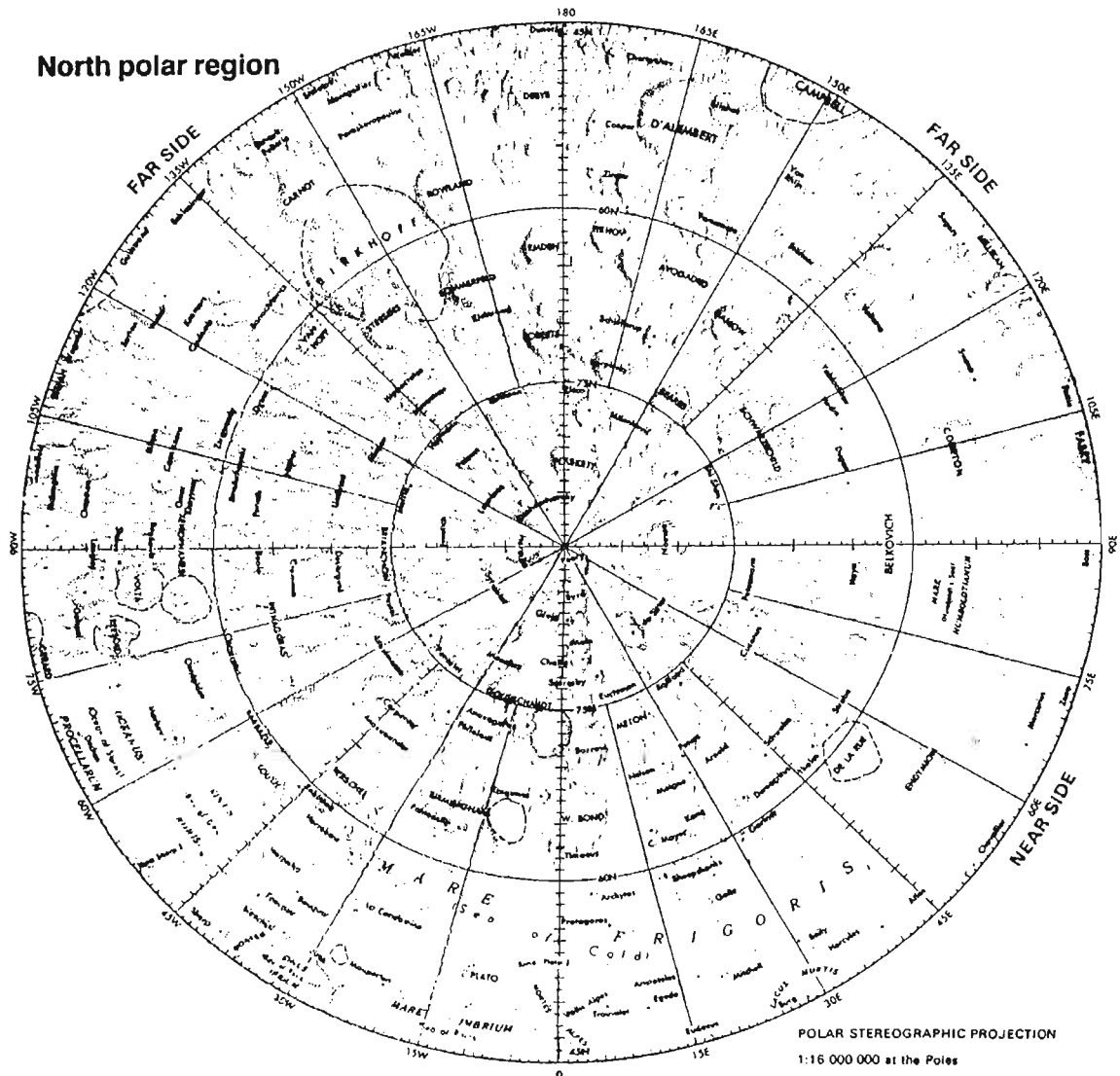
На XIV скупштини МАУ, одржаној у Брајтону, 1970. године, усвојена је листа нових назива кратера на Ме-

сецу. У њој су имена астронома, научника из области ракетне технике, физичара, оптичара, геофизичара, хемичара и биолога. Изузетно, 12 кратера је добило имена живих људи – космонаута, шест америчких и шест руских. Неки од њих су на нама видљивој страни. Назив Миланковић је добио кратер чије су селено-

графске координате  $+170^\circ$ ,  $+77^\circ$  (Слика 2). У околини је кратера Seares i Plaskett. Средње је величине и јасно изражен. Близу је северног Месечевог пола, што подсећа на то да се Миланковић бавио истраживањем утицаја положаја ротационих оса небеских тела на климу. Одлука МАУ се сматра коначном.



Слика 1. Део Месечеве површине са мапе *ПОЛНАЯ КАРТА ЛУНЫ* са кратером *МИЛАНКОВИЧ*, како су га научници именовали.



Слика 2. Карта дела Месечеве површине око његовог северног пола са кратером MILANKOVIC, како га је именovala MAU, а како је дат у Тајмсовом атласу света (\*\*\*, 1998).

Тај мотив је одиграо улогу и при давању имена Миланковић кратеру близу северног Марсовог пола. Назив је добио на XV скупштини МАУ, одржаној у Сиднеју, 1973. године, у групи од 190 највећих кратера, чији су пречници, по правилу, већи од 100 km. Листу је предложила радна група МАУ која је, користећи се фотографијама са летелице "Маринер-9", разрадила предлог за називе

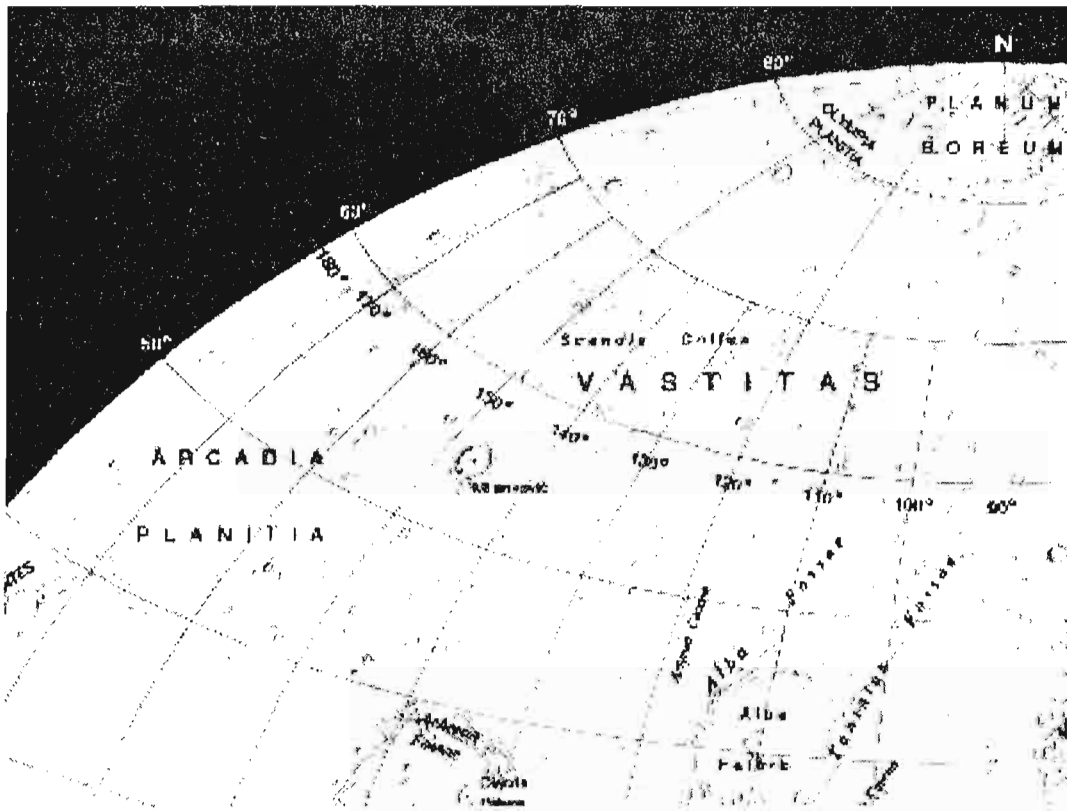
топографских облика на Марсу. Само за веома крупне формације: планине, кањоне, долине, равнице, платое и слично, искоришћени су класични називи са карата Скијапарелија и Антонијадија. Но и ту је направљен изузетак: најзначајнији кањон на Марсу је добио назив Маринерове долине, по летелицама које су разоткриле његов прави изглед. Основни критеријум за додељивање назива кратера био је да имена припадају



научницима, па и писцима, који су се бавили Марсом или су својим радовима допринели бољем разумевању природе ове планете.

Наведене критеријуме је Миланковић увелико испуњавао. Он је израчунао промене климе на Марсу, у зависности од положаја осе обртања, кори-

стећи се својом теоријом. Ареографске координате кратера Миланковић су:  $+147^\circ$ ,  $+55^\circ$ . На Слици 3. види се део Марсове површине на коме је кратер Миланковић са карте Рукла и Ловија (Rükl and Lovi, 1993).



Слика 3. Део Марсове површине на карти коју су начинили Рукл и Лови (Rükl and Lovi, 1993) са кратером MILANKOVIĆ како га је одредила МАУ.

### 1. 3. НАГРАДЕ СА ИМЕНОМ МИЛУТИН МИЛАНКОВИЋ

Има више награда које носе име Милутина Миланковића. Једну од њих је установило Метеоролошко друштво СР Србије. Први пут је уручена децембра 1979. године, Милану Милосављевићу, професору Природно - математичког факултета, за изузетан допринос оснивању метеороло-

шке службе пре и после рата (Инђић 1994а). Од тада више није додељивана (Ђурић, 1999).

Као знак признања за научну и публицистичку делатност, Европско геофизичко друштво (European Geophysical Society) је 1993. године установило додељивање медаље Милутина Миланковића (Пантић,

1998). Један од добитника је Андре Берже, који се сматра настављачем Миланковићевог дела.

"Председништво САНУ усвојило је предлог Одељења природно - математичких наука о установљењу Медаље Милутина Миланковића као највећег признања за значајна достигнућа у области палеоклиматолошких проучавања" (Инђић, 1994а). Даље од овог се није стигло.

Нажалост, наших научника који се том облашћу истраживања баве, и који би били потенцијални добитници награда, има мало. Миланковић никог није извео до доктората.

#### 1. 4. УЛИЦА МИЛУТИНА МИЛАНКОВИЋА

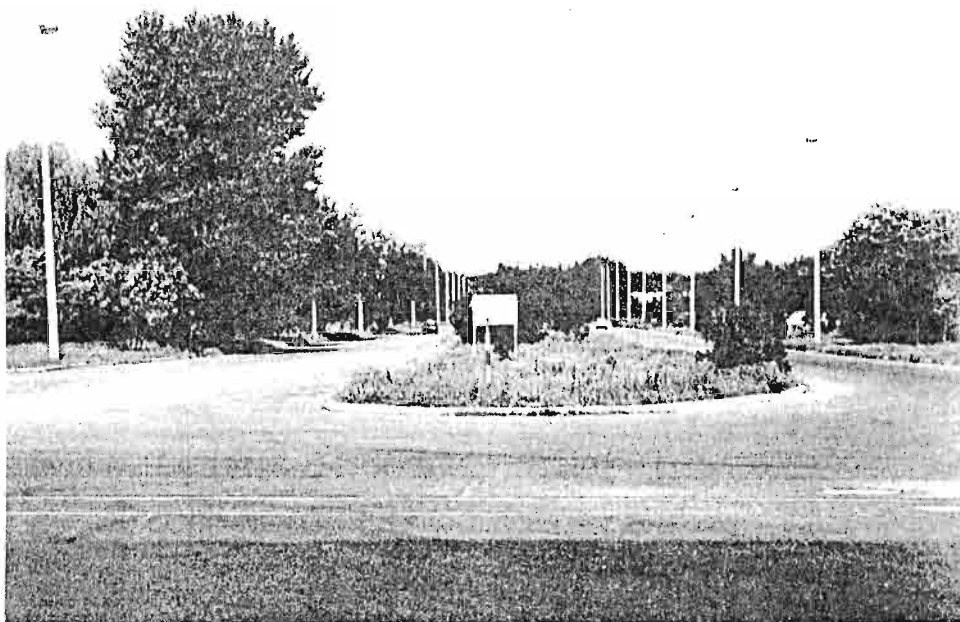
Поводом стогодишњице рођења Милутина Миланковића једна улица на Новом Београду, у блоку 66, добила је његово име (\*\*\*, 1980). Одлуку је донела Скупштина града Београда, на седници Већа општина одржаној 8. новембра 1979. године. До тада

улица је носила ознаку 2 - 2. Одлука је објављена у Службеном листу града Београда бр. 27, из 1979. године.

Улица Милутина Миланковића, пресеца улице Омладинских бригада и др Агостина Нета и повезује улицу Шпанских бораца са Тошеним бунаром. Налази се у пословној зони Новог Београда.

У данашње време пролазник не може да уочи таблу са натписом улице Милутина Миланковића, а зграде које се у њој налазе имају адресе оближњих већих улица. Улица Милутина Миланковића је широка, типа булевара; коловозне траке су јој раздвојене зеленим појасом (Слика 4). Препознати се може на основу плана; то је друга улица десно од трамвајских шина, на чијем се крају налази велика кривина која води према железничкој прузи.

Нико од пролазника није знао, јуна 1999, како се зове улица којом су пролазили, нити по коме је добила назив!



Слика 4. Изглед раскрснице улице Милутина Миланковића са улицом др Агостина Нета, јуна 1999. Снимак аутора текста.

### 1. 5. АСТРОНОМСКО ДРУШТВО "МИЛУТИН МИЛАНКОВИЋ"

Астрономско друштво које носи име Милутина Миланковића основано је 1996. године у Зрењанину (Наумовски и Брацић; 1997). Друштво је у почетку имало неколико стотина чланова. Због недостатка добрих инструмената посматрачка активност се није још развила, али је активност на пољу популаризације астрономије знатна.

Планира се да се за Астрономско друштво адаптира водоторањ у комплексу дворца Каштел - Ечка, чији је будући изглед приказан на грбу Друштва на Слици 5. (Наумовски, 1999). Изнад "Куле" нацртано је сазвезђе Касиопеја, које по облику личи на слово М што је и иницијал Милутина Миланковића. Додуше, Касиопеја се овако изнад "Куле" не може видети. С обзиром на уметничку слободу, решење је духовито.

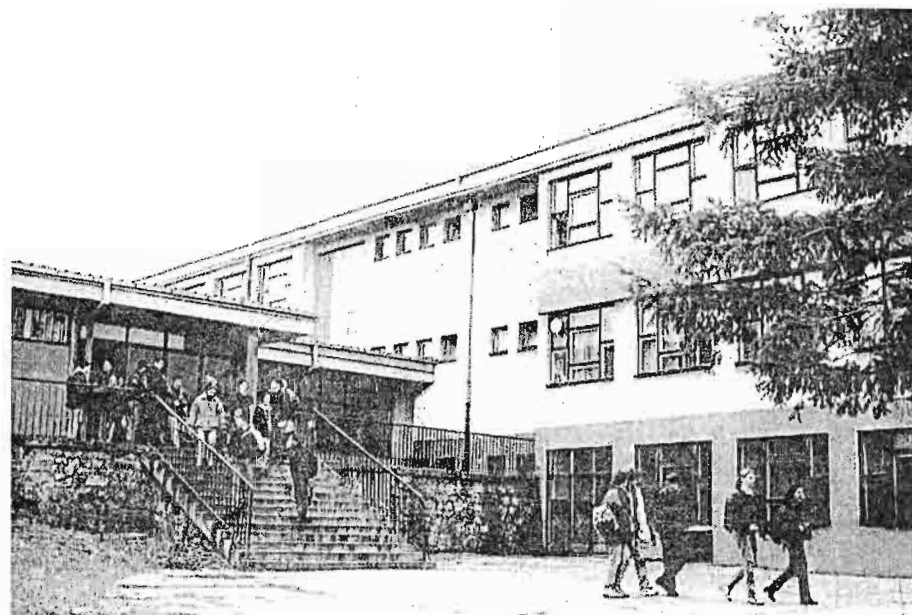


Слика 5. Грб Астрономског друштва "Милутин Миланковић".

### 1. 6. ГЕОЛОШКА И ХИДРОМЕТЕОРОЛОШКА ШКОЛА "МИЛУТИН МИЛАНКОВИЋ"

На предлог академика Николе Пантића, Геолошка и хидрометеоролошка школа у Београду, у Есад Пашиној 26, носи име Милутина Миланковића, од школске 1987/88. године. То је иначе стара школа, која је, априла 1998. године, прослави-

ла 50 година постојања. За ту прилику издата је пригодна монографија (Милићевић, 1998) и снимљен филм. Поводом 40 година постојања средњег образовања у геолошкој и хидрометеоролошкој струци издата је такође монографија (Дангић, 1988) где се у имену школе већ помиње Милутин Миланковић. Данашњи изглед школе види се на Слици 6.

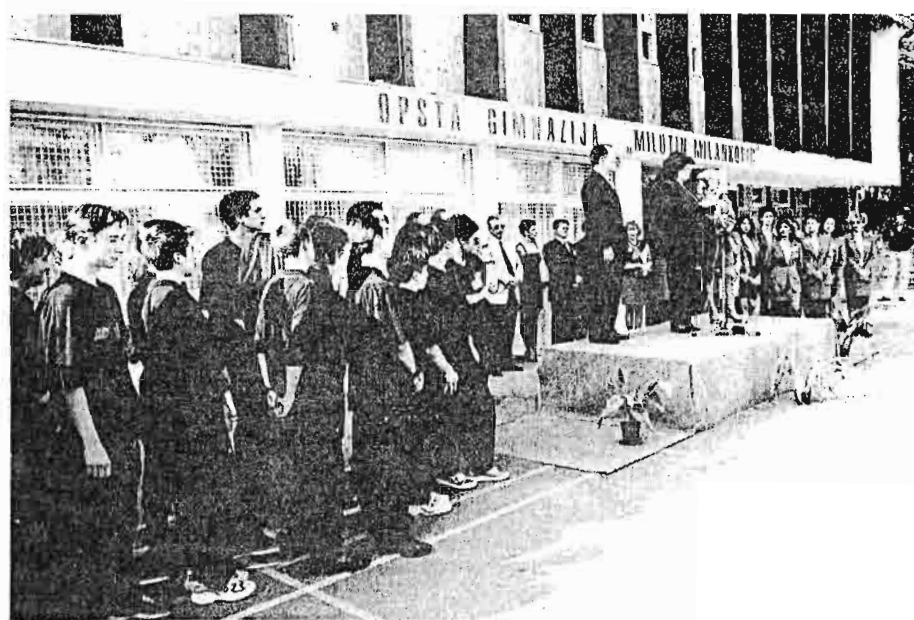


Слика 6. Геолошка и хидрометеоролошка школа "Милутин Миланковић".  
Снимак у власништву Владе Милићевића.

#### 1. 7. ГИМНАЗИЈА "МИЛУТИН МИЛАНКОВИЋ"

У листу *Политика*, од 12. августа 1999. године, објављен је оглас за упис прве генерације ученика у при-

ватну гимназију општег смера "Милутин Миланковић", у улици Миливоја Петровића 6 (Слика 7). Гимназија је свечано отворена 15. септембра 1999. године.



Слика 7. Приватна гимназија општег смера "Милутин Миланковић".  
Снимак у власништву Владе Милићевића.

## 1. 8. СРЕДЊА СТРУЧНА ШКОЛА "МИЛУТИН МИЛАНКОВИЋ"

У време постојања Републике Српске Крајине, средња стручна школа у Даљу је добила име Милутин Миланковић. Његово родно место му се тиме лепо одужило. Школа је у свом печату имала побројане следеће делове: Техничка школа Борово, Пољопривредна школа Илок, Економска школа Вуковар и подручна одељења.

Средња стручна школа "Милутин Миланковић" је сарађивала са установама у Србији. Тако су, на пример, добили на поклон извештај број књига, у вези са чим су доделили захвалнице заслужним лицима (Инђић, 19946).

## 1. 9. УЏБЕНИЦИ У ПРИМЕНИ

### 1. 9. 1. *Историја астрономске науке од њених првих почетака до 1727.*

Професору Миланковићу би свакако било мило да зна да се његова књига *Историја астрономске науке од њених првих почетака до 1727.* још увек користи као уџбеник на Катедри за астрономију.

Она се односи на период у вези са којим није било битних промена ставова у науци. Због тога она и даље може да се сматра савременом. Њени квалитети и даље је чине изузетним штивом.

Сажето, али и врло јасно, изложио је по своме избору најважније догађаје и личности из историје астрономије. Дао је и неке оригиналне прилоге. Како сам каже у предговору првом издању (Миланковић, 1948), "решио је питање о постанку геометријске теорије епикала, а са тим у вези и нека друга питања".

Професор Бранислав Шеварлић који је предавао Историју астрономије све до свог пензионисања, називао је ту књигу малим ремек делом. Чак када је написао свој уџбеник обухватио је само онај део који Миланковић није стигао да обради, а наслов је одабрао тако да звучи као наставак Миланковићеве књиге: *Историја астрономске науке од Њутновог времена до наших дана.*

Институт за астрономију Природно - математичког факултета се сагласио на својој 79. седници од 27. IX 1977. да се, поводом стогодишњице рођења Милутина Миланковића, обнове издања његових дела. На својој 81. седници од 14. XII 1977. године институт је (према закону) одредио рецензенте *Историје астрономске науке од њених првих почетака до 1727.:* професора др Бранислава Шеварлића и професора др Јована Симовљевића. Треће издање је изашло 1979. године.

Предмет Историја и методика наставе астрономије, због обимности градива, већ 15 година предаје се обједињавањем историје и методике. Студенти спремају, свако по једну главу из те Миланковићеве књиге, и излажу је пред наставником и својим колегама, а они се критички осврћу на методолошки прилаз предавача и начин излагања. Своје мишљење прво изнесу студенти, а на крају наставник. Временом студенти на тај начин изграде самосталан приступ, у складу са правилима дидактике. Студенти воле такве часове и током протеклих 15 година нису исказали никакво противљење, нити лоше мишљење о књизи. Штавише, говоре како је занимљива и лако читљива, у односу на друге књиге из области историје астрономије на српском језику.

Током таквог прорађивања свих издања Миланковићеве књиге (1948, 1954, 1979, 1997) уочене су понеке грешке<sup>1</sup>. Оне су ипак таквог карактера да не чине његову књигу непозданим извором.

Нико смртан није безгрешан.

### 1. 9. 2. *Основи небеске механике*

И уџбеник *Основи небеске механике* још увек се користи у настави на Катедри за астрономију.

Иако писана као самостална целина, та књига је, у суштини, сажета верзија *Небеске механике* коју је Миланковић написао још 1935. године, и која је његов први, а сматра се и најзначајнији, уџбеник. Он је, међу првима у свету, небеску механику написао користећи теорију вектора, за шта је добио и међународна признања (Шеварлић, 1979).

У области небеске механике сада већ има нових приступа, тако да ће бити потребно, уз сада већ класичан прилаз, додати ново градиво.

Институт за астрономију Природно-математичког факултета се сагласио на својој 79. седници од 27. IX 1977. да се, поводом стогодишњице рођења Милутина Миланковића, обнове издања његових дела. На својој 81. седници од 14. XII 1977. године институт је (према закону) одредио рецензенте *Основа небеске механике*: професора Теоријске астрономије др Јована Симовљевића и професора Небеске механике др Јована

<sup>1</sup> Тако, на пример, црква у којој је сахрањен Тихо Брахе се, у ствари, правилно назива *kostel P. Marie před Týnem* (e.g. Ehm, 1985), што значи да је посвећена пресветој Дјеви Марији пред (прашком) тврђавом, како каже чешки историчар астрономије Здислав Шима (Šima, 1997).

Лазовића.<sup>2</sup> Треће издање је изашло 1980. године и у њему, нажалост, грешке уочене у ранијим издањима (1947, 1955), нису исправљене. Има их и у четвртом издању, из 1988. године, које је исти издавач штампао. У оба издања је наведено да су рецензенти др Јован Симовљевић и др Јован Лазовић. Студенти знају за те грешке јер их предметни наставник на њих упозорава. Треба, при томе, нагласити да оне нису такве природе да побијају Миланковићеве идеје и ставове. То су обичне људске грешке. Знатан број њих је типа такозваних штампарских грешака, узрокованих коришћењем готице за означавање вектора. Елеганција и јасноћа са којом је Миланковић писао остају главне одлике његових уџбеника.

При писању уџбеника за предмет Небеска механика и теорија кретања Земљиних вештачких сателита, професор Лазовић није обухватио део који се односио на Небеску механику, јер је то урадио Миланковић, већ оно што је ново – кретање Земљиних вештачких сателита.

Приликом објављивања *Избраних дела* Милутина Миланковића приступило се обимнијем исправљању уочених ситних грешака у његовим делима.

<sup>2</sup> Професор Лазовић је већ 30. I 1978. године поднео рецензију управнику Института за астрономију професору др Браниславу Шеварлићу са списком уочених грешака. Списак и примерак уџбеника са исправкама назначеним на маргинама су достављени издавачком предузећу "Научна књига". У току процеса штампања професор Лазовић је потписао шифове са изричитим захтевом да се слаже са штампањем тек по извршењу наведених исправки (Лазовић, 1999).

## 2. РУКОТВОРЕНИ СПОМЕНИЦИ

### 2. 1. КУЋА МИЛУТИНА МИЛАНКОВИЋА У БЕОГРАДУ

Поводом прославе стогодишњице рођења Милутина Миланковића, 11. октобра 1979. године, на згради, у којој је живео и радио од 1927. го-

дине до смрти, откривена је спомен-плоча од стране скупштине града Београда (Инђић, 1994а). То је било другог дана Симпозијума *Живот и дело Милутина Миланковића 1879 - 1979*. С обзиром да је натпис већ био уклесан, датум на плочи је 10. октобар (види текст на Сlici 8).



Слика 8. Спомен плоча на кући Милутина Миланковића, јуна 1999. Снимак аутора текста.

Данас та кућа има друкчији изглед него у Миланковићево време: на предњој фасади виде се модерни прозори (Слика 9).

Планове зграде је правио лично Миланковић. Како каже у својим *Успоменама, доживљајима и сазнањима*: "Ја одлучих да по свом ћефу, а водећи рачуна о својим потребама, властитом главом и руком начиним план за своју кућу користећи се оним што сам научио на бечкој Техници." Почео је градити 1925. године, а уселио се 20. априла 1927. Крајем маја 1932. године отпочео је дозиђивање своје куће према сопственом плану (Инђић, 1999б).

Суседи су му углавном били универзитетски професори. У том крају је плацеве и кредите добило "педесетак професора и других наставника и намештеника београдског Универзитета" (Миланковић, 1952), по чему је он добио назив *Професорска колонија*. И данас, тај назив се понекад користи за део града између улица: Цвијићеве, Здравка Челара, Митрополита Петра и 29. новембра.

У тој згради је Миланковића затекло и бомбардовање 1941. године, а у њој је провео и највећи део окупације.

Ако се променио назив улице у Миланковићевој адреси: из Бана Јела-

чића у Љубе Стојановића 9, није морао да се мења изглед зграде.



Слика 9. Кућа Милутина Миланковића у улици Љубе Стојановића 9, јуна 1999.  
Снимак аутора текста.

## 2. 2. ПОРТРЕТИ МИЛУТИНА МИЛАНКОВИЋА

Портрет у уљу Милутина Миланковића који је 1943. године урадио сликар Паја Јовановић (на корицама Зборника радова овог симпозијума) налази се код Василија Миланковића – сина Милутина Миланковића, у Аустралији. Фотографија тог портрета виси у кабинету секретара Одељења техничких наука САНУ (Слика 10); приказана је на више места на овом Симпозијуму. У доњем десном углу пише: "Проф.

Милутину Миланковићу пријатељска успомена од Паје Јовановића"

Портрет у уљу који је урадио сликар Миленко Шербан, 1972. године, налази се у кабинету директора Математичког института.

Поред ових постоји још неколико портрета Милутина Миланковића. Међу њима је најпознатији цртеж који је урадио Григорије Самојлов, архитекта, руског порекла, 1955. године (види на пример страну 160 у *Живот и дело Милутина Миланковића 1879-1979.*) (Анђелић, 1979). Од



фотографских портрета најпознатији је онај објављен у истој публикацији на (ненумерисаној) страни 5. Веома

је добар и портрет Милутина Миланковића из 1926. године (Стипчевић, 1998).



Слика 10. Снимак портрета Милутина Миланковића који је урадио велики српски сликар Паја Јовановић, 1943. године. Снимак је власништво Библиотеке САНУ.

### 2. 2. 1. ФОТОГРАФИЈА ИЗ ШКОЛСКИХ ДАНА

Према речима академика Николе Панџића (1999), син Милутина Миланковића тврди да слика објављена у *Живот и дело Милутина Миланковића 1879-1979*. (Анђелић, 1979), на (ненумерисаној) страни 202, није фотографија Милутина Миланковића као ученика нижих разреда Осијечке

реалне гимназије. То је фотографија једног његовог рођака, око 1891. године.

Из тог времена недостаје слика Милутина Миланковића. Постоји слика из 1896. године, коју је објавио академик Никола Панџић (1998) у илустрованој монографији о Милутину Миланковићу.

## 2. 3. БИСТА МИЛУТИНА МИЛАНКОВИЋА У НОВОМ САДУ

Пред улазом у зграду у којој се налазе Институт за математику и Институт за физику Универзитета у Новом Саду, постављена је биста Милутина Миланковића. Израдио је Владимир Јокановић, лекар и вајар. Његова првобитна замисао је била да се биста постави у Даљу, али због прилика у земљи то није било могуће. Он је предложио иницијативни одбор а Извршни одбор Председништва САНУ, на XI седници, од 6. априла 1995. године, прихватио је предлог да сазове састанак.

Свечано откривање споменика је организовао Огранак САНУ у Новом Саду и Универзитет у Новом Саду.

Свечаност је одржана 16. XII 1995. године. Бисту је открио ректор Универзитета у Новом Саду професор др Драгослав Херцег, у присуству бројних званица. Према одлуци Извршног одбора САНУ присуствовали су: председник Александар Деспић, генерални секретар Мирослав Пантић и академик Никола Пантић, као чланови званичне делегације. Академик Никола Пантић је одржао пригодно предавање на Филозофском факултету у Новом Саду (Слика 11). Промовисана је и књига Владимира Јокановића о Милутину Миланковићу (Слика 12). На промоцији су говорили професор др Милан Ратковић и аутор (Инђић, 1999а). Како се из те књиге види, родна кућа Миланковића као и гробље, у Даљу, у веома лошем су стању.



Слика 11. Скуп у Новом Саду, 1995. године, поводом откривања бисте Милутину Миланковићу. Говори академик Никола Пантић. У првом плану, с профила, види се аутор бисте и књиге - Владимир Јокановић. Даље, с десна на лево, седе академик Богољуб Станковић, тадашњи секретар САНУ Мирослав Пантић и тадашњи председник САНУ Александар Деспић. Снимак је власништво САНУ.

ВЛАДИМИР ЈОКАНОВИЋ

О  
МИЛУТИНУ МИЛАНКОВИЋУ  
(1879-1958)



Слика 12. Насловна страна књиге Владимира Јокановића "О Милутину Миланковићу (1879-1958)", са снимком бисте Милутина Миланковића.

#### 2. 4. БИСТЕ МИЛУТИНА МИЛАНКОВИЋА У БЕОГРАДУ

Биста коју је урадио Сретен Стојановић, 1943. године, репродукована је на насловној страни књиге *Живот и дело Милутина Миланковића 1879-1979.* (Анђелић, 1979) и у самој књизи (страна 55). Она стоји сада у незваничној спомен - соби, у склопу Библиотеке САНУ. Ту се налази и намештај из његове радне собе. Просторија се користи за рад персонела библиотеке. Други одливак бисте се налази у Музеју савремене уметности у Београду.

Биста, рад Николе Јанковића, прво-награђеног на конкурс у САНУ (Инђић, 1994а) није одливена.

Другонаграђени је понудио Астрономској опсерваторији свој рад на поклон. На предлог др Ђорђа Телекија Научно веће Астрономске опсерваторије, на 32. седници, од 16. октобра 1980. године, прихвата његов рад као поклон. До реализације тог подухвата није дошло.

Биста Милутина Миланковића може се видети и у холу Геолошке и хидрометеоролошке школе "Милутин Миланковић" на Вождовцу. То је копија бисте коју је урадио вајар Сретен Стојановић, а постављена је 1988. године када је школа прослављала 40 година свога постојања.

## 2. 5. СПОМЕНИК У ИЗГРАДЊИ

У току је израда споменика Милутину Миланковићу. Ради га вајарка Дринка Ивановић – Радовановић (1999). Она има искуства са радовима те врсте; извајала је и бисту Ђорђа Станојевића постављену испред зграде Електропривреде Србије и споменик Ђорђу Станојевићу у Неготину. Споменик Миланковићу ће, вероватно, бити постављен испред зграде старе опсерваторије, а садашњег Републичког хидрометеоролошког завода.

## 2. 6. ПОШТАНСКЕ МАРКЕ У ЧАСТ МИЛУТИНА МИЛАНКОВИЋА

Поводом стогодишњице рођења Милутина Миланковића ПТТ Југославије је издала пригодан коверат и марку (Слика 13). Ликовно решење је дело Андре Миленковића, познатог академског сликара. На марки је приказан портрет Милутина Миланковића који је урадио Паја Јовановић. У врху су уписани године рођења и смрти – 1879-1958. Жиг првог дана носи датум 28. 5. 1979 - 11001 Београд, што пада на Миланковићев рођендан.



Слика 13. Коверат са "жигом првог дана" и марка издата поводом стогодишњице рођења Милутина Миланковића од стране ПТТ Југославије. Аутор ликовног решења је академски сликар Андра Миленковић. Коверат је власништво Библиотеке САНУ.

Јавно предузеће ПТТ саобраћаја "СО Сремско барањска област" пустило је у промет 16. децембра 1996. пригодну марку из серије *Славни Срби Крајине* посвећену др Милутину Миланковићу (Бошковић, 1997). Ликовно решење је дело Димитрија Чудова, познатог креатора марака, такође академског сликара. Издат је и пригодан коверат а "жиг првог дана" носи ознаку 56230 Вуковар (Слика 14).

## 3. ОДСУСТВО ОБЕЛЕЖЈА

### 3. 1. КАБИНЕТ МИЛАНКОВИЋА

Миланковић је у својим *Успоменама, доживљајима и сазнањима* причао како је из кабинета у Капетан - Мишином здању, за време предах, посматрао Дунав. На цртежу радне собе који је урадио чувени сликар Љубомир Ивановић насликана су два велика прозора, кроз које би се такав пејзаж могао видети. Истраживање тог проблема довело је до прибављања скице распореда про-

сторија и радних столова на првом спрату тадашњег универзитетског здања од прводипломираног астронома Универзитета у Београду – Слободанке Димитријевић, удате Крстић. Потписала је тај свој цртеж, ради аутентичности (Крстић, 1999). Распоред се односи на време када

је била студент, тридесетих година двадесетог века. Она тврди да је одлазила код професора Миланковића у анекс Капетан - Мишиног здања. Приложила је разгледницу Београда на којој се види анекс уз Капетан - Мишино здање (Слика 15).



Слика 14. Коверат са "жигом првог дана" и марка издата од стране јавног предузећа ПТТ саобраћаја "Сремско барањска област". Ликовно решење је дао академски сликар Димитрије Чудов. Коверат је у власништву Библиотеке САНУ.



Слика 15. Зграда Универзитета у Београду са данас непостојећим анексом. Изглед сличан оном из тридесетих година XX века.

Са цртежа се види да је професор Миланковић делио кабинет са професором Михаилом Петровићем. Миланковићев сто је био окренут ка југоистоку. У њихову радну собу се улазило кроз заједнички кабинет професора Билимовича и Салтикова, у коме се данас налази кабинет председника Савета Универзитета. Тамо где је била учионица студената астрономије и математике, сада је ректоров кабинет. Та просторија излази на балкон. Када сам отишла да видим да ли се могу уочити трагови некадашњег распореда, могла сам само констатовати да се

никакве преправке не примећују. У секретаријату Ректората никакав материјал о анексу више немају. Нико на Универзитету 1999. године не зна тачно где је био кабинет знаменитог професора.

#### 4. ЗАХВАЛНОСТ

Аутор се захваљује свима који су му помогли дајући корисне примедбе при писању овог чланка, а нарочито госпођи Милици Инђић, мр Војислави Протић - Бенишек, др Зорану Кнежевићу и др Влади Милићевићу.

#### ЛИТЕРАТУРА

\*\*\* 1980: Улица Милутина Миланковића, *Васиона*, бр. 1-2, 47.

\*\*\* 1998: *The Times World Atlas*, Times Books, London.

**АНЂЕЛИЋ Т. (ур.) 1979:** Живот и дело Милутина Миланковића 1879-1979, *Галерија САНУ 36*, Београд.

**БОШКОВИЋ З. 1997:** Славни Србин на поштанској марки Крајине, *Васиона*, бр. 1-2, 36.

**ДАНГИЋ А. (ур.) 1988:** *Геолошка и хидрометеоролошка школа "Милутин Миланковић"*, Геолошка и хидрометеоролошка школа "Милутин Миланковић", Београд.

**ЕНМ Ј. 1985:** *Praha, Panorama, Praha*.

**ИНЂИЋ М. 1994:** "Библиографија Милутина Миланковића", *Библиографије, књига II, Одељење језика и књижевности САНУ*, Београд.

**ИНЂИЋ М. 1994:** Захвалница Милици Инђић.

**ИНЂИЋ М. 1999:** лично саопштење.

**ИНЂИЋ М. 1999:** *Заоставштина Милутина Миланковића у Архиву Српске академије наука и уметности*, поднето за штампу у овом Зборнику радова.

**ИВАНОВИЋ - РАДОВАНОВИЋ Д. 1999:** лично саопштење.

**ЈОКАНОВИЋ В. 1995:** *О Милутину Миланковићу (1879-1958)*, Одбор САНУ за обнову куће и подизање споменика Милутину Миланковићу и Књижевно-уметничка задруга "Славија", Нови Сад.

**КОЛЧИНСКИЙ И. Г., КОРСУНЬ А. А., РОДРИГЕС М. Г. 1986:** *Астрономы*, Наукова думка, Киев.

**КРСТИЋ С. 1999:** лично саопштење.

**ЛАЗОВИЋ Ј. 1999:** лично саопштење.

**ЛИПСКИЙ Ю. Н. (науч. рук) 1967:** *Полная карта Луны*, Наука, Москва.

**МИЛАНКОВИЋ М. 1947:** *Основи небеске механике*, Просвета, Београд.

**МИЛАНКОВИЋ М. 1948:** *Историја астрономске науке од њених првих почетака до 1727.*, Научна књига, Београд.

- МИЛАНКОВИЋ М. 1952:** "Успомене, доживљаји и сазнања из година 1909 до 1944", САН Посебна издања, књига СХСV, Одељење природно - математичких наука, књига 6, Београд.
- МИЛАНКОВИЋ М. 1954:** *Историја астрономске науке од њених првих почетака до 1727.*, Научна књига, Београд.
- МИЛАНКОВИЋ М. 1955:** *Основи небеске механике*, Научна књига, Београд.
- МИЛАНКОВИЋ М. 1979:** *Историја астрономске науке од њених првих почетака до 1727.*, Научна књига, Београд.
- МИЛАНКОВИЋ М. 1980:** *Основи небеске механике*, Научна књига, Београд.
- МИЛАНКОВИЋ М. 1988:** *Основи небеске механике*, Научна књига, Београд.
- МИЛАНКОВИЋ М. 1997:** *Изабрана дела, књига 3*, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
- МИЛИЋЕВИЋ В. (ур.) 1998:** *50 година геолошке и хидрометеоролошке школе "Милутин Миланковић"*, Геолошка и хидрометеоролошка школа "Милутин Миланковић", Београд.
- НАУМОВСКИ К. 1999:** лично саопштење.
- НАУМОВСКИ К. и БРАЦИЋ М. 1997:** *Астрономско друштво у Зрењанину, у Развој астрономије код Срба*, Ур. М. С. Димитријевић, Ј. Милоградов-Турин и Л. Ч. Поповић, Публ. Астр. опс. Београд, св. 56, 115-117.
- ПАНТИЋ Н. 1998:** *Милутин Миланковић, Илустрована монографија*, Вајат, Београд.
- ПАНТИЋ Н. 1999:** лично саопштење.
- ПРОТИЋ М. 1968:** *О досадашњим радовима на малим планетама, кометама и сателитима на Астрономској опсерваторији у Београду, Симпозијум астронома Југославије поводом 75. годишњице оснивања Астрономске опсерваторије у Београду (1887-1962)*, ур. П. Ђурковић, Публ. Астр. Опс. Београд, св. 12, 77.
- ПРОТИЋ - БЕНИШЕК В. 1987:** *Пет деценија активности Групе за мале планете, комете и сателите Астрономске опсерваторије у Београду, у Сто година Астрономске опсерваторије у Београду*, ур. М. Димитријевић, Публ. Астр. опс. Београд, св. 36, 89-95.
- RÜKL A., LOVI G. 1993:** *Mars*, Edmund Sci. Co. Barrington, N.Y.
- СТИПЧЕВИЋ Н. (УР.) 1998:** *Каталог фототеке САНУ 1841-1947, Друштво српске словесности 1841-1864, Српско учено друштво 1864-1892, Српска краљевска академија 1886-1947*. Израдиле Гордана Жујовић и Гордана Радојчић-Костић, САНУ, Београд (издање Библиотеке, 15), стр. 253.
- ЋУРИЋ М. 1999:** лично саопштење.
- ШЕВАРЛИЋ Б. 1979:** *Миланковићева астрономска открића, Васиона*, бр. 4, 110-111.
- ŠIMA Z. 1997:** private communication.



Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 144 - 148, Београд

## ПРИОРИТЕТ УРОША МИЛАНКОВИЋА У ВЕЗИ СА УТИЦАЈЕМ СУНЦА НА ЗЕМЉОТРЕСЕ

Божидар Д. Јовановић

Радничка 53/II, 21 000 Нови Сад

### НЕКАДА

Много што-шта нам је непознато иако постоји написано. Зашто? Зато што нам недостају обавештења, или како се то сада каже, информације о томе шта је ко и где раније објавио. Веома је поучно прелиставати старе часописе, новине и књиге, откривати шта и где постоји о коме штампано.

Од пре десетак година редовно посећујем Библиотеку Матице Српске у Новом Саду и у њеним фондусима покушавам да запазим и забележим оно што има неке везе са астрономијом. Тако сам насумице изабрао часопис „Јавор”. О њему постоје објављени подаци о томе ко га је и када уређивао, ко је био његов власник, постоји регистар писаца, списак тема распоређених по појединим областима итд. "Јавор" је излазио годинама и препун је занимљивих чланака, репортажа, бележака, критика...

Ограничићу се само на два насло-

ва. Један од њих је прилично дугачак, али се сазнаје о чему је реч.

Мојо Медић (1881) написао је у три наставака КАКО РАЗЛАЖЕ ПЛУТОНИСТИЧКА ТЕОРИЈА УПЛИВ СУНЦА И МЈЕСЕЦА НА ЗЕМЉУ ПРИ ПЕРИОДИЧНОМ ПОЈАВЉИВАЊУ ЗЕМЉОТРЕСА.

У првом наставку објашњава како се тада тумачила појава земљотреса.

По *плутонистичкој теорији* подземна вода допире до усијаног и отопљеног Земљиног језгра. Ту се претвара у пару која захваљујући свом напону и снази продире кроз шупљине у Земљи и ударајући у њихове зидове, покреће околне слојеве и тиме изазива потрес.

*Нептунистичка теорија* вели: вода текући кроз Земљине слојеве дуби себи пут. Том приликом чини да се поједине честице више не привлаче међусобно и не држе као пре, узгред растварајући извештан део



материјала. Због тога се Земљина унутрашњост улеже, а околна чврста маса руши и то изазива потресе.

Зато што ми ове појаве нису струка цитирају аутора, који је рекао у уводу да ће користити предавање универзитетског професора Др Ф. Пфафа, одржано 1878. године у Ерлангену.

У наставку спомиње професора Переја, из Дижона, који се занимао исто тако за потресе и желео да утврди да ли земљотреси бивају у неко доба чешћи него у другом. У ту сврху је користио каталог који је 1875. године Шмит, директор атинске звездаре, саставио. Закључио је да:

1) највећи број земљотреса пада у зиму, а најмање у лето и

2) да се потреси појављују чешће око поноћи, а ређе око поднева.

Ако се земљотреси испитају и поређају на други начин, добија се ово:

а) више их је када је уштап или млади Месец него у доба прве или последње четврти и

б) највише их је кад је Месец најближи Земљи.

Из овога се може закључити да се потреси понашају слично појави плиме и осеке на морима и океанима. Дакле, можемо да помислимо да и на потресе утичу Месец и Сунце.

Други наставак је посвећен тумачењу зашто је то тако, уз две слике. Према Медићу исправнија је плутонистичка теорија, она која користи за тумачење врелу пару.

И трећи наставак је посвећен

објашњавању, уз једну слику, претпоставки наведених под 1) и 2), односно а) и б).

У броју 24 „Јавора“ Давид Миланковић (1881), стриц Милутина Миланковића, јавља се белешком под насловом: „Нек се зна“.

У њој вели да су се, после земљотреса који се догодио 9. септембра 1880. године у Загребу, појавили бројни чланци о њиховим узрочницима. Том приликом су објављиване различите теорије, а међу њима и мишљење бечког астронома Рудолфа Фалба. Он је по позиву био у Загребу и одржао о тиме предавање. Од истог аутора су изашле и књиге „Преокретања у васиони“ 1881. године. У њима образлаже своју теорију о земљотресима и вели да су неки и раније слутили да Месец има уплива на потресе на Земљи, али је он први који је написао читаву теорију и да је први који помишља да и Сунце дејствује на земљотресе. И неки критичари потврђују чињеницу да је он први (Абендпост - Abendpost, 1881).

Међутим, мисао да Сунце има утицај на потресе на Земљи, много година пре Фалба изразио је српски филозофски писац, Урош Миланковић, најмлађи брат Миланковићевог деде Антонија, у свом делу „Организам васионе и систем целокупног живота или Поларни систем физичке и духовне природе, са критиком јединства несагласног“. По У. Миланковићу „Јединство је слика васионе и истине“, а написано је на немачком 1845. године.

На странама 58 и 60 под насловом „Принцип вулкана и земљотреса“, дословце стоји: „Позитивно понашање Сунца, као позитивног побуђивачког принципа за Земљу, изазива у њеној утроби кретање, преиначење и образовање пасивне Зе-

мље, а испољава се у облику земљотреса, вулкана (подвукао Б. Ј.) Из овога се види да је Урош Миланковић указао на дејство Сунца на Земљину утробу, да на тај начин може да изазове земљотресе и појаву вулкана. С обзиром на то да је цитирана књига била филозофског карактера, изостали су физички докази. Давид Миланковић још закључује да је ово написао не само за љубав истине него и да очува првенство српске мисли, а и из пијетета према свом покојном стрицу.

Можда све ово и није од неке научне вредности, али је ипак занимљиво закључити ко је први помислио на космичко порекло земљотреса. Са друге стране, уколико све наведене претпоставке нису скоро проверене требало би то учинити, јер је у питању наш човек.

## ДАНАС

Немајући намеру да дам потпун преглед садашњег мишљења, нити сам за то позван, наведимо, ипак неке теорије и сазнања о томе да ли Сунце утиче или не утиче својом активношћу на земљотресе и вулкане на Земљи. Прикажимо неке научне радове хронолошким редом. Први мени познат покушај установљавања статистичке периодичности земљотреса учињен је још 1938. године од стране Ч. Дејвисона. Он је на основу извора из средњег века, записима од 1305. до 1898. године извео анализу и закључио да код разорних потреса постоји периода од око 11 година. При овоме треба бити опрезан с обзиром на веродостојност података.

Ван Жилије је 1949. године користио каталог од око 20 000 углавном слабих земљотреса забележених између 1910. и 1945. године. После њега је то учинио И. Меус

(1971), користећи податке о јаким потресима између 1897. и 1964. године, али ни један ни други нису установили некакву везу.

С. Лурсманшвили (1973) је у низу земљотреса на Кавказу нашао периодичност, а међу њима и ону са 11 година која се подударала са циклусима Сунчеве активности. Сличне закључке у вези са јаким земљотресима добили су и Г. Брусенцов и Н. Брусенцова (1972), а и Ј. Калинин (1974). А. Ситинскиј (1963) је показао да укупна енергија и учестаност катастрофалних земљотреса у току једанаестогодишњег Сунчевог циклуса имају два, па чак и три максимума. Ови резултати нису довољно убедљиви због метода и програма који су при томе коришћени.

О. Барсуков (1984) претпоставља да међудејство магнетосфере и Земље са корпускуларним потоцима у доба хромосферских ерупција на Сунцу може да игра улогу "окидача" за нестабилну равнотежу огњишта спремног на земљотрес. Његова претпоставка предвиђа повећање броја земљотреса у доба максимума једанаестогодишњег циклуса када је максималан број интензитета и број спорадичних магнетних бура. Статистичка обрада података дозвољава да заиста постоји таква веза.

А. Ангелопулос и К. Пулакос (1988) су добили позитивну корелацију између Сунчеве активности и средње температуре на површини Земље, као и сеизмичке и вулканске активности.

Џ. Ширли (1988) проучава кретање Сунца у односу на средиште маса Сунчевог система, као и његов утицај на климу и вулканизам. Предвиђа у временском периоду од 1990. до 2000. године пораст суша, поплава и вулканске активности!

Према Р. Стотеру (1989), спектарни пик у периодограму за вулканску активност је на 10,8 година. Најистакнутији пик, међутим, налази се на 9,5 година, а упоређујући то са бројем Сунчевих пега закључује да је у сагласности. Према његовој схеми Сунчева активност утиче на атмосферску циркулацију што доводи до незнатне измене Земљиног момента инерције и момента количине кретања Земљине атмосфере. Ради очувања укупног момента количине кретања Земље, она мора да промени брзину обртања. Нагле промене брзине обртања Земље могу да изазову допунски напон у Земљиној кори и да изазову ерупције.

Д. Кузњецов (1990) проучава фазне односе између варијација годишњих вредности за енергију земљотреса и Волфових релативних бројева. Показао је да у епохи од 1895. до 1935. године имају супротан фазни ход. Предлаже објашњење секуларне (уранске) варијације глобалне енергије земљотреса и Волфовог броја.

Из овог кратког прегледа може се уочити да и данас постоји интерес да се докаже да Сунце утиче на појаву земљотреса и ерупције вулкана.

#### УМЕСТО ЗАКЉУЧКА: ШТА СЕ ЗНА О ПОЈЕДИНИМ ЛИЧНОСТИМА

◆ Мојо Медидић (Личко Добро село, 18. октобра 1855 - Земун, 15. марта 1939). Средњу школу учио у Госпићу и Рековцу, а природне науке и хемију на Високој техничкој школи у Бечу. Од 1876. године радио је као средњошколски професор и то 14 година у Земуну и 13 у Загребу. Повремено је био пензионисан па реактивиран. Од 1912. је директор гимназије у Руми

да би поново отишао у пензију 1921. године. Његов књижевни - научни рад делом је био и популаран. Почев од 1880. године објављивао је написе у "Јавору", "Стражилову", "Бранковом колу", "Народним новинама". Има тридесетак стручних радова.

◆ Давид Миланковић (Даљ, ? - Загреб, 10. август 1912) био је правник, судија Касационог суда, члан Стола седморице, добротвор "Привредника".

Урош Миланковић (Даљ, 1800 - Беч, 1849). У свом родном месту је похађао Основну школу, гимназију завршио у Осеку, филозофију у Сегедину, угарска права у Шарошпатаку (месту на северу данашње Мађарске), а аустријска права у Бечу на Универзитету. Праксу је обавио код војног Апелационог суда у Бечу, затим је постављен за војног судског поручника у Градишком пуку и за војног иследника у Коњичком пуку у Ђенђешу (Мађарска). Због неприлика са командантом пука тражио је да буде пензионисан. Године 1835. преселио се у Трст, а оданде у Беч где је живео до 1849. када је умро од тифуса. Гроб у Бечу му није сачуван. Написао је два дела на немачком: "Организам света и систем читавог живота, приказан на појединим створовима и у појединим акцијама као општа активност целокупне нечулне, чулне и духовне природе и њена веза са критиком несагласног". Дело је штампано 1843. године у Бечу код Мехитариста, а друго је већ поменуто.

ЛИТЕРАТУРА

- ABENDPOST W. 1881:** Beilage, 68.
- АНГЕЛОПУЛОС А. и ПУЛАКОС К. 1988:** Влијаније планет на важнејшије солнечне и земне јављенија. Дел. Геог. Ипирес. Страту, 45-92.
- БАРСУКОВ О. М. 1984:** Солнечнаја активност и сеисмичност Земли. Геоф. поља Прикасп. региона, 2: 123-130.
- БРУСЕНЦОВ Г.В. и БРУСЕНЦОВА Н.Е. 1972:** Свјаз землетрасениј с активностју Солнца. У: Солнце, електричество, жин, МГУ, 370.
- DAVISON C. 1938:** Studies on the peridicity of earthquakes. Murly, 44-51, London.
- КАЛИНИН Ј. Д. 1974:** Солнечнаја обусловленост измененија дљиниј суток и сеисмическаја активност. Ин. физ. АН СССР, ИФСО 211, 23, Краснојарск.
- КУЗНЕЦОВ Д. А. 1990:** Проблеми прогноза земљатрјасениј и активности системи Солнца в токовој модели планетогелиога - лактофона: фазовие соотношенија между варијацијами чисел Волфа и геосеисмическој енергии в епоху 1895 - 1935. Камчат. гос. пед., 120.
- ЛУРСМАНАШВИЛИ О. В. 1973:** О периодичности силних землетрасенија Кавказа. Изв. АН СССР, Физика Земли, 2: 80-86.
- MEEUS J. 1971:** Activite solaire et seismes: Ciel et Terre, 92: 233-236.
- MILANKOVITSCH U. 1845:** Organismus des Weltalls und Systeem des gesammten Lebens oder Polarsystem der physischen und geistigen Natur; mit Kritik der Einheit uber das Univereinbare – Die Einheit ist das Bild des Universums und der Wahrheit, Wien, Jaspers.
- МИЛАНКОВИЋ Д. 1881:** Нек се зна. Јавор, 24, 764-765.
- МЕДИЋ М. 1881:** Како разлаже плутонистичка теорија уплив Сунца и Мјесеца на Земљу при периодичном појављивању земљотреса. Јавор, 1, 19-24; 2, 53-58; 3, 83-88.
- СИТИНСКИЈ А. Д. 1963:** О вазможности влијанија солнечној активности на сеисмичности Земли. Бол. Сов. по сеисмологији, АН СССР, 15: 47-52.
- STOTHER R. B. 1989:** Volcanic eruptions and solar activity. Geophys. Res., 94: 17371-17381.
- SHIRLEY J. H. 1988:** When the Sun goes backward: solar motion, volcanic activity and climate 1990 - 2-000. Cycles, 39: 113-119.
- FALB R. 1881:** Von den Umwalzungen im Weltall, drei Bucher, Wien, Pest, Leipzig, A. Hartkeben's Verlag.



**1879 - 1999**

**120 година рођења од  
Милутина Миланковића**

**90 година од доласка на  
Београдски универзитет**

**60 година од почетка рада на  
*Канону осунчавања Земље***



Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 150 - 158, Београд

## ЗАОСТАВШТИНА МИЛУТИНА МИЛАНКОВИЋА У АРХИВУ СРПСКЕ АКАДЕМИЈЕ НАУКА И УМЕТНОСТИ

Милица Инђић

САНУ, Кнез Михајлова 35, Београд

За проучавање живота и рада М. Миланковића постоје многи извори који се могу груписати на следећи начин:

1. Биобиблиографски текстови, које је састављао сам Миланковић а који су објављени у неколико свезака Академијиног Годишњака.<sup>1</sup>
2. Аутобиографска дела од којих су најзначајнија:
  - Успомене, доживљаји и сазнања из година 1909. до 1944. - Београд, САН, 1952.
  - Успомене, доживљаји и сазнања после 1944. године. - Београд, САН, 1957.
  - Успомене, доживљаји и сазнања. Детињство и младост

(1879-1909). - Београд, САНУ, 1979.

- Успомене, доживљаји, сазнања, 1 - 2. Приредила Милица Николић. - Београд, Нолит, 1988. (Српска књижевност. Мемоари, дневници, аутобиографије, 19; 1, 2).  
Кроз васиону и векове. Писма једног астронома I - XXX. Летопис Матице српске, 1926 - 1928. (Постоје многобројна издања ове књиге, проширена и преведена на немачки).
- 3. Јубиларне публикације објављене поводом стогодишњице рођења:
  - Живот и дело Милутина Миланковића 1879-1979. - Београд САНУ, 1979. (Галерија САНУ, 36).
  - Живот и дело Милутина Миланковића 1879-1979. - Београд, САНУ, 1982. (Научни скупови, XII, Председништво, 3).

<sup>1</sup> Годишњак СКА XXVIII за 1914 - 1919, 1921, стр. 263 - 268; Годишњак СКА XLI за 1932, 1933, стр. 180 - 183; Годишњак САН LII за 1945, 1948, стр. 160 - 166 и Годишњак САН LXIII за 1956, 1957, стр. 250 - 251.

4. Vasco Milancović, Milutin Milanković 1879 - 1958. From his autobiography by his son Vasco and a préface by André Berger. Katlenburg – Lindau, European Geophysical Society, 1995.
5. Никола Пантић, Милутин Миланковић, илустрована монографија. - Београд, Вајат, 1998. (Књиге за школу и дом, 22).
6. Милица Инђић, Библиографија Милутина Миланковића. - Београд, САНУ, 1993.<sup>2</sup>
7. Владо Милићевић, Сјај звезде Миланковић.- Београд, Рударско-геолошки факултет, Катедра за геофизику, 1997.
8. Пригодни чланци, прилози у енциклопедијама и биографским речницима, некролози и сл.
9. Заоставштина у Архиву САНУ која се води као историјска збирка 10 131, посебни инвентар 5.

Миланковић је врло педантно и систематично неговао своју личну архиву у којој је чувао рукописе радова, преписку, породична и лична документа, документа о свом школовању, фотографије и сл. Део ове драгоцене заоставштине поклонио је Архиву Српске академије наука сам Миланковић и то рукописе његових радова у периоду 1907 - 1922. године и кореспонденцију. Миланковић је пописао рукописе поклоњених радова и нумерисао их од броја 1 - 62. У инвентарској књизи 5 овај списак је залепљен на почетку, мада је поново наведен у самој књизи као део интегралне заоставштине. Кореспон-

<sup>2</sup> Година штампања је погрешно наведена на насловној страни, треба 1994.

денцију и део породичне архиве Миланковић није пописивао.

О поклоњеној заоставштини постоји белешка тадашњег управника Архива Божидара Ковачевића са наведеном садржином поклона, који је примио на дан 15. маја 1954. године и сместио у 10 великих картонских кутија, После Миланковићеве смрти преосталу заоставштину поклања супруга Христина<sup>3</sup>, и она се распоређује у наредних 13 кутија. Систематизовање овог другог дела заоставштине као и инвентарски попис целокупне заоставштине урадили су Б. Ковачевић, управник Архива (кутија 1 - 8) и архивиста Милан Стевчић (кутија 9 - 23). Документа у кутијама нумерисали су редним бројевима.

Заоставштина је пре свега незаобилазан материјал за проучавање Миланковићевог живота, научног опуса, богате грађевинске праксе, али и саме његове личности. Указује нам да је то био човек веома систематичан, акрибичан, који је планирао и рационално користио време, водио евиденцију својих послова (како стручних и научних, тако и свакодневних породичних), одржавао велику преписку са познатим научницима из развијених европских средина, настојао да своје значајније радове дистрибуира, односно пласира у познате светске научне центре.

У новије време заоставштина је распоређена у нове кутије пошто су првобитне дотрајале. Број кутија се повећао са 23 на 26 због комотнијег распоређивања грађе, али инвентарска књига је остала непроменјена<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Годишњак САН LXV за 1958, 1959, стр. 207 и Годишњак САН LXVI за 1959, 1960, стр. 29.

<sup>4</sup> Приказаћемо детаљније како је то урађено: садржај кутија 1-6 распоређен

У нашем раду наводићемо распоред грађе онако како је првобитно конципиран и забележен у инвентарској књизи.

Кутије 1, 2, 3, 4, 5 и 6 садрже рукописе радова (нумерисане редним бројевима од 1 - 62 како је то урадио сам Миланковић и придодат је рад под бројем 63 датиран у 1957. години); кутија 7 садржи преписку са страним научницима (нумерисану редним бројевима од 1 - 745); кутија 8 садржи породичну архиву, лична документа (школска сведочанства), концепте и преписе радова, библиографију научне литературе употребљене при изради докторске дисертације, пригодне говоре и новинске дописе као и сведочанства Милана Миланковића, оца Милутиновог (нумерисано редним бројевима од 1 - 136); кутија 9 садржи преписку на српском језику и различиту документацију (нумерисану редним бројевима 1 - 149); кутија 10 садржи белешке са предавања на студијама у Бечу и поједине куцане радове Миланковића (нумерисане редним бројевима 1 - 6); кутија 11 садржи рукопис аутобиографског дела "Успомене, доживљаји и сазнања", други и трећи део (нумерисане редним бројевима од 1 - 5); кутија 12 садржи списак научних радова М. Миланковића и реферате о тим радовима, као и хронолошке податке о животу и научном раду, рукопис предавања из небеске механике, теорије релативитета, теоријске астрономије, историје астрономије и небеске

је у кутије 1-7; кутија 7 распоређена је у кутије 8 и 9; кутија 8 добија ознаку 10; кутија 9 распоређена је у кутије 11 и 12; кутија 10 добија ознаку број 13; кутија 11 број 14; кутија 12 број 15; кутија 13 број 16; кутија 14 број 17; кутија 15 број 18; кутија 16 број 19; кутија 17 број 20; кутија 18 број 21; кутија 19 број 22; кутија 20 број 23; кутија 21 број 24; кутија 22 број 25 и последња кутија 23 број 26.

механике (нумерисане редним бројевима од 1 - 27); кутија 13 садржи свеске са различитим белешкама, скицама и радовима (нумерисане редним бројевима од 1 - 20); кутија 14 садржи сведочанство о државном испиту, заправо дипломском испиту, препис докторске дипломе, војну књижицу, указе о одликовањима домаћим и страним, разна решења о службовању и звањима, родослов породице Миланковић од 1690-1940. године, планове породичног дома у Даљу, списак цитирања Миланковићеве теорије климатских промена и спискове научних установа и научника са којима је размењивао публикације (нумерисане редним бројевима 1 - 25). Своје знаменито дело *Канон осунчавања Земље* послао је многим институцијама и приватним лицима као и *Théorie mathématique des phénomènes thermiques*; кутија 15 садржи предавања из примењене математике за школску 1910-11, 1911-12. годину, која укључује рационалну механику, теоријску физику и небеску механику; кутија 16 садржи матурско сведочанство, уверење о државном испиту итд. (нумерисано редним бројевима од 1 - 4 са подбројевима и још додатним бројевима 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, укупно 43 документа); кутија 17 садржи планове многих градова у Краљевини Југославији (91), као и тврдокоричене календаре (укупно 32 од године 1924. до 1956, изузимајући 1926. и 1928), џепне нотесе обележене римским бројевима I - XIX (укупно 19) и мекокоричене календаре за годину 1926. и даље (укупно 20 комада до године 1946.) и још стони календар за 1928. годину и четири нотеса из 1909., 1919., 1923., 1936. - то је укупно 76 комада календара и нотеса; кутија 18 садржи преписку са страним научницима нумерисану редним бројевима 1 - 154 и нунумерисану преписку са страним



установама; кутија 19 је хемеротека са 18 исечака из немачких новина а три следеће кутије 20, 21 и 22 испуњавају Миланковићеви рукописи писани руком (укупно 41); кутија 23 са назнаком *резервисано* чува недокончан рукопис мемоара сликара Паје Јовановића а накнадно јој је придодат октобра 1997. године сепарат из *Изабраних дела Милутина Миланковића*, књ. 6: *Чланци, говори, преписка*, стр. 471 - 660 са избором из богате Миланковићеве преписке.

Садржина сваке кутије је стриктно конципирана мада се поједина документа могу сврстати и у рецимо две кутије по свом садржају. Али, генерално говорећи, подела докумената по садржају максимално је поштована приликом сређивања и архивске обраде.

Из ове богате заоставштине издвојићемо неколико целина и укратко их описати. То ће бити: *рукописи радова* (кутија 1 - 6, кутија 11, кутије 20, 21, и 22), *преписка* (кутија 7 и кутија 18) и, што је за мене било нарочито интересантно и информативно, *календари - роковници односно нотеси* са забелешкама (кутија 17).

## РУКОПИСИ РАДОВА

У првих 6 кутија налазе се рукописи из периода 1904 - 1957. година и то поједини у виду концепта и преписа а поједини откуцани машином. Означени су бројевима 1 - 63. Последњи 63. (из 1957. године) није никада штампан, а носи наслов *Оглед: народна песма о Краљевићу Марку*. Постоје три примерка овог рада: два су откуцана (по 20 страница), а један је писан руком (30 страница). Кутија 11 садржи рукопис знаменитих мемоара *Успомене, доживљаји, сазнања*, други и трећи део, а

кутије 20 - 22 испуњавају 43 рада углавном откуцаних машином. Треба напоменути да у заоставштини постоји неколико рукописа, неки незавршени, који нису штампани. Поменућемо *Наш планетски систем* из 1923 - 24. године који је требало да буде штампан у серији "Поучник Српске књижевне задруге", али је аутор одустао због критике једног члана "Задруге" на годишњој скупштини (рукопис сачуван у кутији 12, бр. 14). Свакако да је интересантан и незавршен рад *Развој математичких наука на Београдском универзитету и значај Миахила Петровића у томе развоју* који је Миланковићу задао доста проблема приликом прикупљања поузданих података о животу и раду наших првих математичара: Атанасија Николића, Емилијана Јосимовића, Димитрија Нешића, Љубомира Клерифа и других. Тешкоће су биле последица чињенице да су библиотека Математичког семинара и Народна библиотека изгореле у току рата. Овај рукопис је кратак а смештен је у кутију 9, бр. 127. Своју делатност као инжењера, нарочито у области армиранобетонских конструкција и релевантне теоријске радове, описао је Миланковић у раду *Успомене и доживљаји из инжењерске праксе*. Обухватио је период од 1904. године када је одбранио докторску дисертацију из те области на Техничкој високој школи у Бечу па до другог светског рата. Рад није штампан<sup>5</sup>.

## ПРЕПИСКА

Кутија 7 садржи укупно 745 писама и дописних карата у периоду од 1921 - 1954. године. Поводом своје обимне преписке Миланковић је за-

<sup>5</sup> Гласник САН, IX за 1957. и 1958., стр. 448.

бележио у мемоарима<sup>6</sup> следеће: "На сваку такву пошилику морадох одговорити захвалним писмом и својим публикацијама. На тај начин разви се између мене и тих научника жива преписка, очувана у потпуности у мом личном архиву. У њој су поред Кепена, Вегенера, Гутенберга и Конрада, о којима сам већ говорио, учествовали првенствено ови научници: Сергел, Еберл, Вунт, Граман, Мајнاردус, Блан, Цојнер, Бачак, Шерф, Саурамо, Бек, Кајлхак, Кнох, Клебелсберг и Берч". Овај списак имена је још много дужи него што Миланковић овом приликом набраја и ту се могу препознати водећа европска имена тадашњег времена у научним областима којима се бавио наш великан из Даља. Сачувана су писма која је добијао и концепти његових одговора. Такође и кутија 18 броји 154 писама са колегама из иностранства.

Нотеси односно календари - роковници у кутији 17 показују како је Миланковић живео и радио из дана у дан. Покривају скоро читав период његовог активног живота, од времена студирања грађевинске технике у Бечу до 1956. године.

Забележени су различити подаци од мање важних као што су трошкови, поједине адресе, летовања, па до веома значајних у вези са научним радом и грађевинском праксом. Први нотес обележен римским бројем I односи се на 1898. и 1899. годину када је Миланковић био студент грађевинске технике на Техничкој високој школи у Бечу. Садржи ситне белешке, адресе, "финанције" али и датуме одласка у позориште. Био је велики љубитељ опере и познате опере слушао је по неколико пута.

<sup>6</sup> Успомене, доживљаји и сазнања. Детињство и младост (1879-1909). - Београд, САНУ, 1979; стр. 256.

Забележио је које је слушао претходних сезона (1896. и 1897. године), као и боравак у Женеви у току лета 1899. године где је похађао курс француског језика.

Нотес III за 1901. годину пружа податке о куповини књига и књигама које треба потражити у библиотеци и, што је врло илустративно, распоред учења више геодезије, по датумима све до дана испита - прецизно испланиран.

Нотес IV покрива период од 1902 - 1904. године и презентира идеје о докторској дисертацији, концепцију разговора са В. Варићаком у вези са дисертацијом (наслов, извођење математичког апарата, где је штампати и сл.), затим податке о прочитаним књигама и оним које треба купити.

Преглед примања у бироу *Kunststein- und Zementwaren - Fabrik, Betonbau Adolf Baron Pittel* у Бечу, првом радном месту М. Миланковића, расходи и свођење биланса, мањи математички прорачуни итд. могу се прочитати у нотесу VIII из 1906. године.

Путовање из Беча у Београд у децембру 1906. год., где је боравио неколико дана, забележено је у нотесу IX за 1906 - 1907. годину, као и неке ситније белешке у вези са трошковима, а и оне, скоро обавезне, о књигама које треба читати или су прочитане, или их пак треба купити.

Забелешке о делима Леонарда да Винчија, податке из историје аероплана као и припремне белешке за предавања из механике, Миланковић је унео у нотес XI за 1909. годину када је изабран за ванредног професора примењене математике

по позиву, на Философском факултету Универзитета у Београду.

Нотес XII за период 1910 - 1911. испуњен је углавном једначинама које се односе на проблем два и више тела. Списак ствари које је понео када је мобилисан у Првом балканском рату под насловом Неопходно потребне ствари за војну чине садржај нотеса XVI из 1912. године. И ту долази до изражаја Миланковићева систематичност: ствари је поделио у групе па их нумерисане навео. Куриозитета ради навешћемо делимично овај списак: Опрема за спавање 1. Ћебе од камилине дланке, 2. Ћебе од плиша, 3. Празна сламњача...; Опрема за храну: 1. чаша од алуминијума, 2. Чутура за воду, 3. Чутура за коњак.....; Резервна одећа 1. штрикане рукавице, 2. грудњак, 3. Јегеров комплет, 4. Још 2 пара Јегерових чарапа.

Белешке на немачком језику у вези са бетонском таваницом чије је статичко решење и извођење било један од проблема из домена грађевинске технике, основне Миланковићеве струке, као и проблеми из области геофизике испуњавају нотесе XV и XVI за период 1915 -1917. године.

Наредни период 1917 - 18. године Миланковић у великој мери посвећује техничким проблемима, пре свега армиранобетонским конструкцијама, када је урадио многе компликоване пројекте као статичар у пројектантском бироу Вили Обриста (Vilmos Obrist) у Будимпешти. Литературу посвећену овој проблематици бележи у нотесу XVII за 1917 - 18. годину.

По повратку у Београд, после пет година проведених у Аустро - Угар-

ској, његова бележница XVIII за 1919. годину испуњена је интересантним забелешкама названим: Искуства о границама простора (са питањима: Да ли данашња физика дозвољава појам празног простора, Абсоlutно кретање, Мајкелсонов експеримент, Ајнштајнова теорија итд.).

Летовања у планинском климатском лечилишту Киб са породицом, супругом Христином и сином Василијем, у периоду од 1920. до 1940. године бележио је уредно по месецима у својим нотесима. Тамо су боравили девет пута, по 2 или 3 месеца. При повратку су проводили неко време у Бечу, Миланковић је свраћао у библиотеку Техничке високе школе, прегледао новију литературу, набављао нове књиге из области техничких и природних наука.

Интересантан је податак у црном необележеном календару из 1921. године да је одржао посмртни говор 4. јануара 1921. године са прозора Капетан Мишиног здања Кости Стојановићу. Говор није штампан а сачуван је у заоставштини (кутија 9, редни број 133).

Сарадња са В. Кепеном (W. Köppen) и А. Вегенером (A. Wegener), за чије је познато дело<sup>7</sup> приложио резултате своје теорије, испунила је три последња месеца 1922. године (податак из црног необележеног календара). Боравак у Цариграду на конгресу представника православних цркава, посвећеног реформи јулијанског календара, описао је у виду дневника дан по дан, од 30. априла па до 11. јуна 1923. године, што чини садржај блока без ознаке у поменутој кутији 17. Рад под насловом

<sup>7</sup> Köppen W., A. Wegener, *Die Klimate der geologischen Vorzeit*, Берлин, 1924.

Други постулат специјалне теорије релативности радио је, према подацима из блока са ознаком 1924. од 4. јануара до 2. фебруара 1924. године, преписивао га од 15. марта до 21. априла исте године када га је предао за штампање Српској краљевској академији. У другој половини октобра па све до почетка децембра исте године спремао је предавања из сферне тригонометрије и астрономије, а у ноћи између 28. и 29. новембра забележио је: Ноћу идеја о брзини светлости.

И наредне 1925. године у ноћи између 20. и 21. јануара у блоку са ознаком 1925. навео је: Ноћу имао идеју за балистику, која се касније уобличила у патент одобрен и публикован 1933. године са називом *Противаеропланско топовско зрно*. То је његов шести и последњи патент, а све патентне исправе сачуване су у заоставштини. Рад на овом патенту испунио је месец април 1925. године а тог лета у Кибу започео је у августу прва писма знаменитог дела *Кроз васиону и векове* и читао их 19. новембра Марку Малетину, Војиславу Мишковићу и браћи Кашанин (Радивоју и Милану). Током целе године зидао је кућу у Професорској колонији у Београду у коју ће се уселити 20. априла 1927. године. Та ће године као и наредна 1928. бити посвећена горе поменутом делу и педантно ће бити бележени датуми писања писама, прво у виду концепта а затим "чистопис". Поједине концепте је радио по два пута, а дефинитивну верзију слао Матици српској за Летопис. Али током 1928. године прихвата се, поред тога, и великих послова: сарадње на *Приручнику за климатологију* чији је уредник В. Кепен и сарадње на *Приручнику за геофизику* са уредником Б. Гутенбергом. Девети јули уноси значајан преокрет

у технику рада, наиме тог дана Миланковић је купио писаћу машину. Отада наглашава да је писао концепт писама руком и преписивао машином.

Рад на оба приручника испуњава скоро целу 1929. годину поред редовних послова у Академији, на факултету и многобројних експертиза грађевинских објеката широм Краљевине Југославије. Стручне експертизе и надзор на радилиштима увек су представљале Миланковићеву обавезу јер се посвећивао у приличној мери инжењерској пракси. Писање прилога за приручнике се наставља и у току 1930. године када предаје рукопис Кепену (после 269 дана рада) и први прилог Гутенбергу (после 132 дана рада). Други прилог за Гутенбергов приручник писао је и послао у току 1931. године а трећи прилог радио је, са мањим прекидима, и дефинитивно завршио током 1932. У блоку за 1932. године бележи да је 12. јануара "решио проблем секуларног померања полова" и 14. маја започео расправу *Нумеричко израчунавање секуларне путање Земљиних полова ротације*. Крајем маја је отпочео дозиђивање своје куће према сопственом плану.

Истакла бих један податак из блока за 1934. годину. Током маја, јуна, јула и августа те године често је боравио у Земуну вршећи супернадзор приликом зидања монументалне зграде Команде ратног ваздухопловства, завршене 1936. по пројекту архитекте Драгише Брашована. Ово здање је тешко оштећено у агресији НАТО-а на Југославију 1999. године. Уџбеник *Небеска механика* радио је упоредо од 20. јула 1934. до краја године, да би га дефинитивно завршио 14. јануара следеће 1935. и дао имприматур за штампање крајем месеца.

Већ 22. марта 1935. године, како је записано у блоку за 1935. годину, почиње да преводи своје популарно дело *Кроз васиону и векове* на немачки да би 17. септембра следеће 1936. године дао имприматур за штампање и 17. октобра добио први "егземплар" дела. Значајан догађај те године је III међународни конгрес Интернационалног друштва за проучавање квартара у Бечу од 31. августа до 9. септембра, који Миланковић поздравља првог дана у име српских научника.

Током 1937. године, како је забележено у нотесу за ту годину, решио је проблем хемисферне инсолације (2. марта), завршио ревизију рачуна о калоричном екватору (16. септембра) и решио проблем Лагранжеових заграда са векторским елементима (19. септембра). Последњег дана 1937. године у кругу пријатеља прославио је 25. годишњицу рада на проблему "математске климе"<sup>8</sup>, односно 25 година од објављивања првог рада из те проблематике. На вечери су били Б. Гавриловић, М. Петровић, Н. Салтиков, А. Билимовић, В. Жардечки, В. Мишковић и И. Ђаја.

На крају нотеса за 1938. годину исписао је рекапитулацију о утрошеном времену за поједина дела од августа 1925. до краја 1937. године. Популарној историји астрономије *Кроз васиону и векове* посветио је 254 дана, превођењу овог дела на немачки 264 дана, *Приручнику за геофизику* 608 дана, *Небеској механици* 120 дана, *Приручнику за климатологију* 270 дана итд.

Наредну 1939. годину испуњава у великој мери (178 дана) писање ка-

<sup>8</sup> "Прилог теорији математске климе". - Глас СКА, 1912, LXXXVII, Први разред, 36; 136-160.

питалног дела *Канон осунчавања Земље*<sup>9</sup>, као и следеће 1940. и 1941. године. Посветио му је у току ове три године 550 дана а штампање је завршено 2. априла 1941. Приликом бомбардовања Београда 6. априла 1941. год. погођена је штампарија у тадашњој Космајској улици и уништено десет још неповезаних табак, који су поново штампани али на другачијој жућкастој хартији. У тешким ратним данима записаће у свом нотесу 11. маја 1941. године следеће: "Још једно решење трисекције угла, у вези са оним мојим из 1896 године". Рукопис *Расправа о трисекцији угла*, датиран 12. септембра 1896. чува се у посебној свесци у заоставштини (свежањ XXXI, ред. број 10, коверат 4).

Ратне године 1941 - 1944, као и послератну 1945. провео је, поред осталог, радећи на обимном рукопису књиге *Кроз царство наука* који је започео још средином 1937. године на немачком и посветио му 776 дана. Овај рукопис је штампан у скраћеном српском преводу, коме је Миланковић посветио 185 дана<sup>10</sup>. Забележиће између 18. и 19. јула 1945. године да је те ноћи дошао на идеју о вези између Доплеровог ефекта и кретања светлости, односно звука. Уџбеник *Историја астрономске наука од њених првих почетака до 1727. године* испунила је време од краја новембра 1946. па до септембра 1947. године. Коректуру овог уџбеника радиће с прекидима током првих месеци 1948. године (до краја априла) а јуна почиње први део својих

<sup>9</sup> Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem. - Belgrad, Königlich Serbische Akademie, 1941; XX + 633 p.

<sup>10</sup> Кроз царство наука. Сlike из живота великих научника. - Београд, Научна књига, 1950; 286 стр. (Библиотека Никола Тесла, VIII).

мемоара *Успомене, доживљаји, сазнања*. Наглашава да је фебруара 1950. завршио "ручни манускрипт" мемоара и почео да га куца на машини, што је трајало око два месеца. Јануара 1956. предаће овај рукопис Академији да би се чувао у њеном Архиву. Други и трећи део мемоара радиће континуирано током 1950. па све до краја 1956. године уз многобројне друге послове у Академији и на факултету, где је последње предавање одржао 23. марта 1955. а 21. априла имао опроштајну вечеру са студентима према подацима из нотеса за 1955. годину. И у тим позним годинама његова активност је разноврсна и богата: писао је предавања за Радио Београд<sup>11</sup>, држао комеморативне говоре колегама из Академије, присуствовао прослави 125. годишњице Матице српске (27. јануара 1951.) у Новом Саду и отварању Филозофског факултета у Новом Саду (20. новембар 1954). У кругу Новосадског универзитета, испред Института за физику и математику Природно - математичког факултета, постављена је биста М. Миланковића четрдесетак година касније (16. децембра 1995), рад лекара и вајара - аматера В. Јокановића. Последњи нотес са Миланковићевим забелешкама односи се на 1956. годину. Тада је завршио своје мемоаре, почео последњи необјављени рад *О брзини распрострањавања светлости* (9. новембра) и одржао предавање преко Радио Београда "О календару". Од јесени 1957. године престале су све његове активности.

Из овог селективног приказивања података из живота и рада нашег великог научника М. Миланковића,

базираног на архивској заоставштини, може се закључити колико је она драгоцене као примарни извор. Миланковић сам говори о себи кроз богату документацију о којој је овде било речи само делимично. Она се може проучавати са више аспеката, јер одсликава епоху у којој су живели Миланковићеви преци и он сам, а то је значајан период српске историје, науке и културе.

---

<sup>11</sup> У питању је циклус предавања, рукописи су сачувани у заоставштини: кутија 14, број 3.



Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 159 - 166, Београд

## НЕБЕСКА РЕФЕРЕНТНА ОСНОВА И ПОСМАТРАЊА НА МЕРИДИЈАНСКОМ КРУГУ У БЕОГРАДУ

Миодраг Дачић<sup>1</sup> и Зорица Цветковић<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Астрономска опсерваторија, Волгина 7, Београд

### Резиме

Ако би требало у неколико речи окарактерисати рад и стваралаштво Милутина Миланковића, онда би се могло казати да у основи његовог научног дела лежи проучавање кретања небеских тела. Гледано са стране фундаменталне астрономије, кретања тела Сунчевог система су до најновијег доба коришћена за дефинисање основних праваца и равни координатних система, а самим тим и за формирање небеске референтне основе и реализацију небеског референтног система. Полазећи од тога да се резултати Миланковићевих истраживања и задаци позиционе астрономије међусобно прожимају, у овом раду се указује на неке специфичности везане за добијање небеског референтног система. Такође је приказан и дугогодишњи посматрачки рад на Меридијанском кругу Београдске опсерваторије као допринос решавању задатака фундаменталне астрометрије.

### УВОД

Положај тачке у простору није њено апсолутно својство, већ карактеристика која може да се одреди само у односу на нешто: у односу на друге тачке или, још боље, у односу на систем координата. У природи не постоје три осе или друге линије које могу да се користе као основни правци, па овакав приступ не решава проблем на задовољавајући начин. Због тога се посредним путем дефинише "референтни систем", при чему се извесне материјалне тачке

узимају као главни ослонац. Оваква посредност објашњава тешкоћу дефинисања и реализације основних праваца за позиционирање тачке. Једини начин за решавање проблема је поступно приближавање, наизменичним побољшавањем положаја тачака и строжијим дефинисањем координатног система. Тако се долази до "референтне основе" која представља физичку реализацију референтног система.

Дакле, помоћу референтне основе се обезбеђују услови за материјализацију референтног система потребног за дескрипцију положаја и кретања тачака на Земљи (терестричка основа), или положаја и кретања небеских тела у простору (небеска основа), укључујући и Земљу (J. Kovalevsky & I. Mueller, 1989).

Да не би долазило до забуна и недоследности, корисно је нагласити разлику између следећих појмова:

координатна основа -- координатни систем и

референтна основа -- референтни систем.

У једном свом раду Вилкинс (Wilkins, 1990) предлаже најприкладније дефиниције ових појмова, мада се мора тачно утврдити када оне не одговарају.

*Координатна основа* је тријада управних координатних оса, или друга нека геометријска конструкција, у односу на коју се скупом координата означава правац или положај неке тачке.

*Координатни систем* подразумева начин означавања положаја неке тачке у односу на конкретну координатну основу. Уобичајени системи су правоугле координате и сферне поларне координате. Као пример могу се узети и геодетске координате одређене у односу на сфероид.

*Референтна основа* је каталог у коме се дају координате скупа референтних објеката који служе да се одреди, односно, да се реализује конкретна координатна основа. Често је неопходно да се усвоје изрази који приказују координате као фун-

кцију времена, па онда *временска скала чини саставни део референтне основе*.

*Референтни систем* је збир свих поступака, модела и константи потребних за коришћење једне или више референтних основа. Овоме је еквивалентан исказ да референтни систем представља комбинацију референтне основе (каталог положаја референтних објеката) и скупа теорија и параметара који могу да се користе за добијање положаја других објеката из конкретног опажања и уз мерење времена.

#### НЕБЕСКИ РЕФЕРЕНТНИ СИСТЕМ И НЕБЕСКА РЕФЕРЕНТНА ОСНОВА

Добијање небеског референтног система и одговарајуће небеске референтне основе је дуг и сложен посао који се одвија у четири етапе (J. Kovalevsky 1988). У пракси оне могу бити одвојене, а овде су изложене по редоследу остваривања.

У *првој етапи* полази се од интуитивне идеје да осе небеског координатног система треба да буду фиксне у простору, што није лако за остваривање преко физичких својстава чланова наше Вационе. Такав општи прилаз одговарао би идеалном референтном систему. При том постоје две класе небеског референтног система; једна одговара динамичкој, а друга кинематичкој концепцији представљања система.

а) У првом случају, идеални динамички небески референтни систем садржи једначине кретања небеских тела које немају присутан центрифугални или линеарни члан убрзања. У Њутновиј механици ова дефиниција је конзистентна и указује на инерцијални систем. У Општој тео-



рији релативности, она има само локално значење у тангенцијалном еуклидском простору, када је гравитационо поље мало. Зато се чешће користи израз "динамички референтни систем", али, такође, може да се користи израз "квази-инерцијални идеални небески референтни систем".

б) Други начин дефинисања идеалног небеског система је да он постоји у Васиони, а његови правци су фиксни у простору. У овом случају ради се о "идеалном кинематичком небеском референтном систему", јер динамички концепт није унешен у дефиницију.

У другој етапи изабрана су не само начела по којима је дефинисан референтни систем, већ је одређена и физичка структура на коју се примењује дефиниција. У садашње време, најподеснији избор је следећи:

а) Сунчев систем који садржи низ физичких тела у динамичкој интеракцији подесан је за примену квази-инерцијалног дефинисања небеског динамичког референтног система.

б) Квазари и други удаљени објекти могу да материјализују фиксне правце у простору. Док звезде имају велика и донекле систематска сопствена кретања у свом кретању кроз Галаксију, ово није случај са удаљеним екстрагалактичким објектима. Њихова кретања не прелазе стохиљадити део лучне секунде за годину дана, што је сасвим занемарљиво у поређењу са садашњом тачношћу опажања.

У трећој етапи се стиже до конвенционалног референтног система, где се развија математичка теорија према дефиницији идеалног система и додељују бројеви за неке физичке

величине. Како опажања и мерења не омогућавају да се ове величине познају са перфектном тачношћу, у овој фази је присутна извесна произвољност. Зато реч "конвенционалан" боље одговара овако добијеном референтном систему.

а) Конвенционалан динамички небески референтни систем је дефинисан преко вредности које се дају у IAU (International Astronomical Union) систему астрономских константи. Оне се односе на масе планета, на вредности гравитационе константе и астрономске јединице, на неке параметре за описивање прецесије, нутације итд. Почетак система је дат за пресек еклиптике и средњег екватора у тренутку J2000.0. Посебно су изведене формуле које омогућавају да се одреде положаји у неком другом моменту.

б) Конвенционални кинематички небески референтни систем не захтева тако сложена параметризацију, јер је узето да су положаји екстрагалактичких извора фиксни и потребни су само ради дефинисања положаја координатног система. Овакав систем може, нпр, да буде одређен двома координатама једног квазара и једном координатом другог.

У четвртој етапи референтни систем се реализује, односно, материјализује преко актуелног система координата приступачног за опажања. Ова материјализација названа је динамичка или кинематичка основа (frame). Реч "frame" означава остварење основних праваца и више одговара него реч "систем". У суштини, материјализација референтног система представља основу за одређивање положаја. Због тога се овде опредељујемо за нашу реч *основа*, мада може да се користи и неки други превод енглеске речи frame.

Материјализација небеског референтног система остварена је преко координата одређених за неки број небеских објеката и у сагласности је са дефиницијом конвенционалног референтног система. Координате овог скупа поузданих тачака основних праваца морају да се користе да би се интерполацијом одредили положаји неких других тачака на небу. У овом смислу дате тачке формирају референтну основу.

Назначимо да може бити неколико реализација датог конвенционалног референтног система које се разликују по координатама фидуцијалних тачака и/или по избору ових тачака. Само једна од њих се, међутим, признаје као актуелна и *стандардна референтна основа*. На пример, фундаментални каталози FK3 и FK4 су две различите реализације истог динамичког конвенционалног референтног система који је дефинисан у посебној Њукомбовој теорији кретања Земље и Њукомбовом константом прецесије и нутације.

#### МЕЂУНАРОДНИ НЕБЕСКИ РЕФЕРЕНТНИ СИСТЕМ

Јединствено усвојен *конвенционални небески референтни систем* који је до скоро важио био је FK5 систем. Каталог положаја и сопствених кретања звезда FK5 представљао је одговарајућу *стандардну референтну основу*, у којој је, пошто се ради о динамичкој основи, коришћена нумеричка теорија кретања планета. У ову референтну основу су укључене и неке кинематичке информације које се тичу ротације наше Галаксије.

Положаји звезда у овом каталогу су одређивани у односу на положаје

планета, а посебно у односу на положај Сунца (апсолутни звездани каталози).

После тога су додавани положаји одређивани релативном методом. Тако је створена референтна основа која прекрива цело небо преко координата 1 535 фундаменталних звезда FK5. Додато је још и проширење FK5 од 3 117 звезда како би се добила што већа густина реперних, фидуцијалних, тачака.

Иначе, дужи низ година увелико се радило на формирању кинематичког референтног система уз помоћ дугобазичне радио-интерферометрије. Замишљено је да нови систем, пре свега, буде у континуитету са FK5 системом. Резолуцијом B5 која је усвојена на XXII конгресу Међународне астрономске уније (Information Bulletin 1995, стр. 3 - 18) одређен је списак вангалактичких објеката које је требало размотрити као кандидате за укључење у нову референтну основу. Радна група за референтне основе је у току 1995. године финализовала положаје ових вангалактичких објеката и сложила их у једну референтну основу која се поклапа са каталогом FK5 у границама његових грешака. Сем тога, 1996. године завршен је Hipparcos (High Precision PARallax COLlecting Satellit) каталог који је везан за поменуте вангалактичке објекте са одступањем положаја  $\pm 0''.0006$  за епоху 1991.25 и грешком  $\pm 0''.0025$  годишње у ротацији.

Полазећи од овога, на XXIII конгресу Међународне астрономске уније, резолуцијом B2 (Information Bulletin 1998, стр. 30 - 31) одлучено је да се од 1.

јануара 1998. године усвоји ICRS (International Celestial Reference System) као небески референтни систем Међународне астрономске уније, како је то дефинисала Међународна служба за Земљину ротацију IERS. Одговарајућа референтна основа биће ICRF (International Celestial Reference Frame) коју је саставила Радна група за референтне основе. При томе је каталог Hipparcos примарна реализација ICRS у подручју оптичких таласних дужина.

На овај начин се повезују оптичка и радио-интерферометријска опажања и успоставља веза између динамичког и кинематичког референтног система. ICRS представља, у одређеном смислу, проширење FK5 система на изворе зрачења који нису доступни класичним астрономским опажањима. Нови референтни систем обезбеђује, у дужем временском интервалу, повећану тачност положаја васионских објеката, а самим тим и објеката (звезде и тела Сунчевог система) које покрива каталог FK5.

#### ЗНАЧАЈНИ ПРОГРАМИ ОСТВАРЕНИ НА МЕРИДИЈАНСКОМ КРУГУ У БЕОГРАДУ

На Меридијанском кругу Београдске опсерваторије, који је типичан инструмент за астрометријска посматрања, од 1968 -- 1970. године урађена су прва значајна посматрања. У том периоду су одређиване деклинације ширинских звезда. На XIII астрометријској конференцији 1956. године совјетски астрономи су предложили да се изради Општи каталог ширин-

ских звезда који ће садржати звезде из програма свих ширинских станица (укупно 28 станица на којима се налазе или зенит - телескопи, или фотографски зенит - телескопи) северне Земљине хемисфере. Предлог је усвојен на X конгресу Међународне астрономске уније и један од учесника у овом пројекту постаје Београдска опсерваторија.

Добијени диференцијални каталог деклинација (Sadžakov i Šaletić, 1972) садржи 3 941 програмску звезду и 216 упоришних звезда (систем FK4) за епоху 1969.5. Укупно је обрађено око 19 000 пролаза кроз меридијан. Посматрања су вршена у петостепеним зонама од  $+20^\circ$  до  $+65^\circ$  деклинације. Подаци из овог каталога су узети у обзир при формирању FK5 проширења (видети: Fricke et al., 1991, стр. 143, под бројем 331), који је служио као референтна основа до 1998. године.

После одговарајуће припреме инструмента за одређивања ректасцензија, од 1973. до 1980. године посматране су звезде из програма фотографских зенит - телескопа на северној хемисфери (NPZT). Програм је предложио Комисији 8 Међународне астрономске уније сарадник Токијске опсерваторије Харуо Јасуда. Предлог је усвојен на XIV конгресу Уније и препоручено је свим астрономским опсерваторијама на северној хемисфери које поседују меридијанске кругове да учествују у овом послу. Циљ је био да се појединачни посматрачки програми фотографских зенит - телескопа обједине у јединствену целину и да се ректасцензије и деклинације звезда из поменутих програма изведу у систему FK4.

Овај каталог (Sayakov i dr., 1981) је обухватао 1 719 програмских и 350 упоришних звезда у систему FK4. Ректасцензије и деклинације звезда су добијене из око 12 000 пролаза, са средњом епохом посматрања 1977.9, а деклинације звезда су се кретале од  $+10^\circ$  до  $+60^\circ$ . Поред осталог, добијене координате упоришних звезда су коришћене за побољшање индивидуалних положаја звезда референтне основе FK5 (видети: Fricke et al., 1988, стр. 96, под бројем 250).

На предлог професора Зверјева да се визуелно посматрају тесни парови двојних звезда, чије компоненте фотографским или фотоелектричним путем нису могле да се раздвоје, од 1981. до 1987. године одређивани су положаји двојних звезда (Sayakov i Dačić, 1990). Било је око 10 500 посматрања по обе координате (око четири посматрања сваке звезде). Обухваћена је широка деклинацијска зона од  $-30^\circ$  до  $+70^\circ$  са средњом епохом 1983.9. Поред 1 571 програмске звезде било је 712 упоришних звезда. Сви положаји су по завршетку посла преведени са FK4 на систем FK5. Овај каталог, заједно са диференцијалним каталозима рађеним на другим опсерваторијама, послужио је за добијање прелиминарног изведеног каталога двојних звезда (Cvetković, 1992).

Од 1982. до 1987. године посматране су упоришне звезде у околини радио - извора (Sadžakov i dr., 1991). Програм је садржао 537 звезда, од тога 247 из FK4. Обрађено је 3 000 меридијанских пролаза у деклинацијској зони од  $-35^\circ$  до  $+85^\circ$  и преведено на систем FK5. Средња епоха ових посматрања је 1984.6. У про-

граму за посматрање звезде су биле подељене на две групе. Пошто су се неке од њих из техничких разлога нашле и у једној и у другој групи, број посматрања једне звезде иде од четири до осам. Овим каталогом Београдска опсерваторија је дала свој допринос настојањима да се повежу оптичка и радио - интерферометријска посматрања, другим речима, да се са динамичког пређе на кинематички референтни систем.

#### ОСТАЛА ПОСМАТРАЊА НА МЕРИДИЈАНСКОМ КРУГУ

Поред овога, на Меридијанском кругу је урађено и неколико мањих посматрачких каталога звезда. Звезде из програма Онджејевског фотографског зенит -- телескопа посматране су у периоду 1985 - 1990. (Sadžakov i dr., 1992). Урађено је око 1 500 пролаза 383 звезде, од чега су 160 биле из каталога FK5. Деклинацијска зона је била врло уска, од  $+49^\circ$  до  $+50^\circ$ , а магнитуда звезда је ишла до једанаесте привидне величине. С обзиром на већ превазиђену тачност посматрања, овај каталог у датом моменту није имао неку већу тежину, али постојао је интерес да се одреде положаји ових звезда у неком фундаменталном систему, јер оне својевремено нису ушле у NPZT програм због свог слабог сјаја. Иначе, са наше географске ширине могле су да се посматрају због своје релативно мале зенитне даљине.

У време док је сателит Hipparcos увелико скупљао податке, на Меридијанском кругу у Београду посматране су звезде високе луминозности (HLS) и радио - звезде (Sadžakov i dr., 1996). Истовремено је урађен проширени списак упоришних

звезда у околини радио - извора (Sadžakov i dr., 1997). Због мале унутрашње тачности (прецизности) у односу на савремени ниво, ова два каталога нису имала неки значај за астрометријске потребе.

Упоредо са поменутиим радовима на Меридијанском кругу Београдске опсерваторије обављана су тзв. *дневна мерења*. Почев од 1974. па све до 1994. године посматрано је Сунце, Меркур, Венера, Марс (од 1981.) и сјајне звезде које се могу видети на инструменту при дневној светлости. Из ових посматрања су одређиване вредности  $(O - C)_\alpha$  и  $(O - C)_\delta$  за поменута тела Сунчевог система. Листа објављених резултата у Билтенима Астрономске опсерваторије може се наћи у извештају за последњу годину посматрања (Dačić i dr., 1995).

У овом двадесетогодишњем интервалу дневних мерења посматрано је око 800 пролаза Сунца кроз меридијан, око 200 пролаза Меркура, око 700 пролаза Венере и око 200 пролаза Марса. Било је, такође, и око 5 000 пролаза упоришних звезда FK4, односно, FK5.

Разлике  $(O - C)$  могу да послуже, с једне стране, за исправљање путањских елемената планета, а с друге, за поправљање оријентације референтне основе, или, конкретније речено, за поправљање положаја  $\gamma$  - тачке и равни екватора. Први резултати су добијени већ после неколико година посматрања (Sadžakov i dr., 1982).

Дневна посматрања Сунца и планета, које обављају разне опсерваторије у свету дуги низ деценија, до најскоријег времена су имала велики

значај за фундаменталну астрометрију, јер је за формирање референтног система требало знати што тачније вредности параметара планетних кретања. Данас се посматрања ових небеских тела ради одређивања њихових положаја обављају из космоса, као што је то већ случај са посматрањима звезда и вангалактичких објеката.

## ЗАКЉУЧАК

Милутин Миланковић је продирао у тајне Вационе врхом свог пера. Његова открића су накнадно потврђивана и он је заузео место међу великанима нашег народа и светске науке. У овом раду смо хтели да укратко прикажемо специфичности и проблеме фундаменталне астрометрије на којима раде читаве војске научника и специјалиста, уз помоћ најсавременије технике. Свима је заједничко проучавање кретања небеских тела, посебно чланова Сунчевог система. На теразијама науке читава та маса људи и инструмената тешко да би могла претегнути Миланковића и његово перо.

Такође нам је намера била да прикажемо и резултате постигнуте на Меридијанском кругу Астрономске опсерваторије у Београду као одређени допринос развоју астрометрије, која представља метролошку основу читаве астрономске науке. На нашим просторима увек ће се наћи људи, чак и ако нису директни настављачи Миланковићевог дела, који приносе свој труд на олтар астрономије.

ЛИТЕРАТУРА

- INFORMATION BULLETIN IAU, 74, 1995.  
INFORMATION BULLETIN IAU, 81, 1998.  
CVETKOVIĆ Z. 1992: Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 9, 191 – 206.  
DAČIĆ M., SADŽAKOV S. & CVETKOVIĆ Z. 1995: Bull. Astron. Belgrade, 151: 81 - 84.  
FRICKE W., SCHWAN H. & LEDERLE T. 1988: Veroff. Astron. Rechen - Institut Heilderberg, 32.  
FRICKE W., SCHWAN H. & CORBIN T. 1991: Veroff. Astron. Rechen - Institut Heilderberg, 33.  
KOVALEVSKY J. 1988: Celestial Reference Frames for Geodesy, RUDOLF SIGL zum 60., Geburt Munchen, 136-141.  
KOVALEVSKY J. & MUELLER I. I. 1989: *Reference Frames*, J. Kovalevsky et al. (eds.), Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 1 – 12.  
SADŽAKOV S. & ŠALETIĆ D. 1972: Publ. Obs. Astron. Belgrade, 17.  
SADŽAKOV S., ŠALETIĆ D. & DAČIĆ M. 1981: Publ. Obs. Astron. Belgrade, 30.  
SADŽAKOV S., DAČIĆ M., ŠALETIĆ D. & ŠEVARLIĆ B. 1982: Sun and Planetary System, Reidel Publ., 445 – 446.  
SADŽAKOV S. & DAČIĆ M. 1990: Publ. Obs. Astron. Belgrade, 38.  
SADŽAKOV S., DAČIĆ M. & CVETKOVIĆ Z. 1991: Astron. Journal, 101(2): 713-733.  
SADŽAKOV S., DAČIĆ M. & CVETKOVIĆ Z. 1992: Bull. Astron. Belgrade, 146: 1-13.  
SADŽAKOV S., DAČIĆ M. & CVETKOVIĆ Z. 1996: Bull. Astron. Belgrade, 153: 1-18.  
SADŽAKOV S., DAČIĆ M. & CVETKOVIĆ Z. 1997: Bull. Astron. Belgrade, 155: 3-25.  
WILKINS G. A. 1990: Inertial Coordinate System on the Sky, J.H. Lieske & V.K. Abalakin (eds), IAU, 39-46.



Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 167 - 177, Београд

## МИЛУТИН МИЛАНКОВИЋ У ИЗДАЊИМА АСТРОНОМСКОГ ДРУШТВА "РУЂЕР БОШКОВИЋ"

Веселка Трајковска и Милан С. Димитријевић

Астрономска опсерваторија, Волгина 7, 11 160 Београд

E-mail: vtrajkovska@aob.bg.ac.yu

E-mail: mdimitrijevic@aob.bg.ac.yu

**РЕЗИМЕ:** У раду аутори анализирају садржаје у издањима Астрономског друштва "Руђер Бошковић", који су везани за име и рад познатог научника Милутина Миланковића.

### 1. УВОД

О Милутину Миланковићу - астроному, геофизичару и метеорологу светског реномеа - речено је и писано много. Најцитираније његово дело је "Канон осунчавања", које је изазвало велико интересовање, како код нас тако и у светским научним круговима, а посебно његова теорија настанка ледених доба разрађена у њему.

И на страницама часописа и публикација Астрономског друштва "Руђер Бошковић" помиње се овај велики и угледни научник, а објављиване су и његове фотографије.

Друштво је било основано 1934. године под називом "Академско астрономско друштво". Касније је тај

назив мењан и данас ради под именом - Астрономско друштво "Руђер Бошковић". Године 1935. Друштво покреће часопис "Сатурн", који излази у 12 бројева годишње до краја 1940. године. После рата обновљено Друштво покреће 1953. године - заједно са Ваздухопловним Савезом Југославије - часопис "Васиона", који и данас излази. Поред ова два часописа Друштво повремено издаје књиге у серији: Публикације Астрономског друштва "Руђер Бошковић", а прва - "Звезде и атоми" од А. Едингтона (превео М. Протић), штампана је 1938. године.

Циљ овог рада је да анализира присуство Милутина Миланковића у издањима Друштва, као и да укаже на текстове везане за њега и на фотографије на којима се појављује.

## 2. МИЛАНКОВИЋ У ЧАСОПИСУ "САТУРН"

Након оснивања Астрономско друштво је отпочело са издавањем часописа "Сатурн". У првом броју из 1935. године у чланку Ђ. М. Николића "Положај астрономије код нас и њена потреба", на страни 4 стоји и то да "у знању астрономије у Београду је доста допринела књига г. Др. Миланковића "Кроз васиону и векове" - пуна духа, свежине и кристалног језика".

У истом броју на страни 32 у рубрици "Вести из Астрономског друштва", у Извештају са годишње скупштине одржане 13. 12. 1934. године стоји и то да "књижничар г. Н. Јанковић у свом извештају износи да је Опсерваторија у Београду поклонила осам књига, Звездарница из Загреба осам књига и 24 звездане карте, а г. Др. Миланковић 38 свезака својих публикација".

У броју 2 из 1935. године, на страни 64, "Вести из Астрономског друштва" доноси: "Г. Д-р. М. Миланковић, професор Универзитета у Београду поклатио је Астрономском друштву своју ново изашлу књигу "Небеска механика.". Читаоцима топло препоручујемо ово једино дело у нашој домаћој литератури".

У броју 10 (Београд, октобар 1936.) у оквиру рубрике "Вести из Друштва", на страни 256 стоји да је Астрономско друштво добило на поклон књиге од својих пријатеља, међу којима и од Д-р. Милутина Миланковића.

Исте године у броју 11-12 Ђорђе Николић у свом чланку "О Календару" на страни 272 пише и о Миланковићевом предлогу за измену календара. "Календар г. Миланко-

вића тачнији је од грегоријевског са којим се за сада поклапа" - каже Ђорђе Николић.

У броју 5 (мај, 1937) дат је чланак о Свечаној академији поводом стопедесетгодишњице смрти Руђера Бошковића у коме пише (стр. 130) да је сала била препуна најелитније београдске публике из науке и јавног живота, а међу побројаним био је и Миланковић.

У броју 6-7 (јун-јул 1937) на крају часописа (стр. 191-192) дате су нове књиге и часописи између којих и књига М. Миланковића "Durch ferne Welten und Zeiten", Leipzig (Koehler und Amelang). Уз поменуту књигу стоји овакав коментар: "Наш славни теоријски астроном и универзитетски проф. Др. Миланковић издао је на њемачком језику своје познато популарно дјело: "Кроз васиону и вјекове" које је била 1928 г. издала Матица Српска у Новоме Саду. Њемачка критика изразила се је најпохвалније о овоме дјелу, које се одликује красним стилем и толиком духовитошћу, каква је својствена тек свјетским људима и онима, који су живот упознали са најлепших страна. Можемо мирне душе устврдити, да је ова књига ремек-дјело југословенске поучне књижевности уопће, а српске напосе, те нас весели, да се сада и један од највећих народа свијета може да упозна са овим нашим одличним дјелом. Особито су сјајни неки прикази давних догађаја и живота, па ради ове пластичности има дјело и особити чар, и све то њемачка критика нарочито истиче" (у потпису стоји: Др. С. М. тј. Стјепан Мохоровичић - прим. аутора).

У бројевима 1, 2, и 3 за јануар, фебруар и март из 1938. године, у три наставка објављено је једно



писмо М. Миланковића из његове књиге "Кроз далеке светове и векове". Преводиоц тог писма је потписан иницијалима "М. Н.". Испред објављеног писма стоји следећи коментар: "Господин М. Миланковић проф. Универзитета издао је 1928. године књигу "Кроз васиону и векове" или "Писма једног астронома". Пре две године оштампао је на немачком језику проширено и допуњено своје дело под насловом "Кроз далеке светове и векове". Читалачка публика и критика како наша тако и страна, најлепше су примили књиге г. Миланковића.

Господин Миланковић био је љубазан да нам дозволи да у Сатурну оштампамо једно писмо које не постоји у српском издању, на чему му уредништво најлепше захваљује."

На стр. 175 у броју 6-7 за јун-јул 1940., у рубрици "Вести из друштва" стоји да су на последњој годишњој скупштини у Астрономско друштво, на предлог г. г. Др. Стјепана Моховичића и Д-р. Војислава Грујића изабрани за почасне чланове чувени научници, пријатељи Друштва. Међу њима је и Миланковић.

У броју 10-11 за октобар и новембар 1940 у рубрици "Вести" (на стр. 239) пише о руском преводу Миланковићевог дела "Математичка климатологија и астрономска теорија варијација климе" (Издање ГОНТИ Москва-Лењинград 1939). Даље се каже да у руском астрономском годишњаку Астрономско-геодетског друштва у Горкоме за 1940. годину о овом делу стоји следећи приказ (написао Ал. Вл. Виноградов): "Књига представља систематско математичко испитивање читавога комплекса топлотних појава проузрокованих зрачном енергијом Сунца, и њихову примену на изучавање климе и палео-

климе Земље. Савремена математичка теорија варијација климе сјајно је проверена и потврђена изучавањем наслага квартарне епохе, али нам не може омогућити да са истом тачношћу утврђујемо климе старијих геолошких епоха, јер јој недостају потребне астрономске основе; тачност образаца небеске механике врло се брзо умањује када их примењујемо на тако давну прошлост".

### 3. МИЛАНКОВИЋ У ЧАСОПИСУ "ВАСИОНА"

У броју 2 из 1954. године (стр. 33-38) објављен је чланак М. Миланковића "Математичка теорија топлотних појава проузрокованих сунчевим зрацима".<sup>1</sup>

У истом броју часописа, у рубрици "Вести из Друштва" под насловом "Прва Астрономска и астронаутичка изложба у Београду" (стр. 54-56), стоји да је свечано отворио изложбу "наш познати научник проф. др. М. Миланковић подпредседник Српске Академије Наука". Такође, у целости је дато Миланковићево предавање које је том приликом одржао, а у коме се осврнуо на историјски развој астрономске науке, поменувши при том значајнија открића познатих имена у овој науци.

У чланку Љ. Митића "Досадшњи резултати проучавања планете Марса" (Васиона, бр. 1, јануар-март 1955, стр. 4-6), аутор пише о температури на Марсу и том приликом помиње допринос М. Миланковића: "Овај важан проблем решен је с једне стране чисто теоретским пу-

<sup>1</sup> По одобрењу аутора прештампао из књиге "Успомене, доживљаји и сазнања", С.А.Н. 1952. године.

тем. Решио га је наш познати научник М. Миланковић”.

У броју 3 из 1958. године у рубрици "Вести из Друштва" стоји обавештење о годишњој скупштини Астронаутичког друштва ВСЈ, где се између осталог, на страни 90 помиње и избор почасних чланова друштва међу којима и проф. М. Миланковића.

У броју 1 за јануар-март 1959. године на стр. 9 и 10 штампан је говор М. Протића, са комеморативног састанка сарадника Астрономске опсерваторије, 18. децембра 1958. године, а поводом смрти проф. Миланковића.

На страни 9 је одштампана Миланковићева фотографија. М. Протић представио је Миланковића као професора и као научника (помиње се допринос Миланковића решавању проблема климе и реформи календара). "Али, најважније дело професора Миланковића - пише М. Протић - његово "животно дело" претставља свакако "Kanon der Erdbestrahlung" ("Канон осунчавања Земље и његова примена у проблему ледених доба)". На крају су побројане и неке друге активности и функције М. Миланковића (био је стални члан Комисије за небеску механику Међународне астрономске уније, члан Националног комитета за астрономију, потпретседник Српске академије наука, почасни члан Астрономског друштва у Београду, претседник првог Научног савета Астрономске опсерваторије и њен директор).

У броју 2 (април-јун 1959) на стр. 32 и 33 дат је чланак С. Фемпла "Допринос професора Миланковића математичкој теорији климе", у коме аутор на самом почетку дефинише најзначајнију област којом се Миланковић бавио: "Између многобројних

радова покојног професора Миланковића, научних и популарних, нарочито се морају издвојити радови из једне области. То су радови у којима је Миланковић изградио своју теорију о узроцима, току и астрономском датирању ледених доба." Као закључак, аутор чланка пише: "Његова теорија ухватила је дубоког корена у науци, а њоме ће се служити и будућа покољења”.

У броју 2 из 1962. године на стр. 38-42 објављен је превод чланка Др. Г. Vacsák-а (Мађарска) "Е. Ј. Örik и Миланковићева теорија" као и "Примедбе на чланак Г. Vacsák-а од стране Р. Hédeváry" (Мађарска), а све у преводу Т. Ђ. (Телеки Ђорђе - прим. аутора). Г. Vacsák у свом чланку износи аргументе против тврђења Е. Ј. Örik, који је у свом опширном раду "Ледена доба" одбацио Миланковић-Көрреп-ову теорију као потпуно неосновану. "Према томе - закључује Г. Vacsák - основе Миланковићеве теорије не само да нису сумњиве, као што замишља Örik, него су чврсте као стена" У Примедбама на чланак Г. Vacsák-а, Р. Hédeváry сматра да би објашњење ледених доба требало засновати "на основу података стварности, полазећи и од појаве промена путањских елемената Земље, али водећи рачуна о географским карактеристикама, а такође и о могућностима померања полова”.

У чланку Пере М. Ђурковића, поводом 75 година Астрономске опсерваторије у Београду (Васиона бр. 3, 1962, стр. 65-72), каже се и о томе да су на Астрономској опсерваторији завршени обимни рачунски радови за "Прецесионе таблице" и за израчунавање вековних поремећаја елемената Земљине путање за проф.

Миланковића у вези са његовом "Математичком климатологијом".

У броју 4 из 1962. године, на крају чланка (стр. 107) аутор Р. Hédevágy (превод Т. Ђ.) закључује да нема нарочите потребе "да се ледена доба објасне искључиво хелиофизичким путем, јер Вачсáк-Миланковићева теорија ледених доба, која узима у обзир промене путањских елемената Земље, даје задовољавајуће објашњење."

На стр. 73 и 74 у броју 3-4 за 1970. годину дат је преглед књига за љубитеље астрономије, међу којих су и књиге М. Миланковића "Историја астрономске науке" (Научна књига, 1954) и "Основи небеске механике" (Просвета, 1942), а у наставку, у следећем броју ("Васиона" бр. 1, 1971) на стр. 21 и књига "Кроз Васиону и векове".

Поводом смрти Ђорђа Николића, оснивача и првог председника Астрономског друштва у Београду, у броју 3-4 из 1971. године Ненад Јанковић пише: "И док су једни, као Стеван Бошковић и Војин Ђуричић, срдечно обећали и пружили своју помоћ, други, они који су по своме положају били најпозванији да Друштву помогну, били су уздржани, као Милутин Миланковић, или одбијајући, као Војислав Мишковић. Тако су Николић и Друштво које је заступао имали сталне неприлике од стране Универзитета".

Цео број "Васионе" (бр. 4 из 1979) био је посвећен Миланковићу. На корицама су штампане фотографије на којима се налази М. Миланковић сам и у друштву приликом трагања за местом за нову Астрономску опсерваторију, као и кућа Миланковићевих у Даљу.

На стр. 101-111 поменутог броја одштампано је предавање Б. Шеварлића "Миланковићева астрономска открића", одржано на Коларчевом народном универзитету 13.4.1979. године поводом стогодишњице од рођења М. Миланковића (са одштампаном Миланковићевом фотографијом на првој страни). У њему је анализиран Миланковићев рад посебно за сваки проблем по следећим поднасловима: Математичка теорија климе, Хронологија ледених доба (дат је графички приказ ледених доба кроз наредних милион година), Секуларно померање Земљиних полова (илустровано са две слике путање северног пола по Миланковићу), Ситнији астрономски радови, Реформа јулијанског календара, Универзитетски уџбеници, Рад на популаризацији наука".

Други по реду штампани чланак на стр. 111-117 је "Небеска механика и њена примена у делима М. Миланковића" од проф Др. Боже Поповића (илустрован са три слике). Чланак садржи следеће поднасловне: Миланковићев систем векторских елемената, Секуларно померање полова, Осунчавање Земље. Аутор чланка сматра да Миланковић има само неколико научних резултата који не улазе у састав примене небеске механике на проблематику климатологије и ледених доба и да је "применом небеске механике на једну научну област далеку од астрономије и математике" дао врло велики допринос, јер је "створио егзактну астрономску теорију климе и календар Земљине прошлости за 6 000 столећа пре 1800 године".

Затим, следе чланци: "Миланковићев допринос астрономској теорији ледених доби" од Проф. Др. Станимира Фемпла, "Сећања на Милутина

Миланковића" - Проф. Др. М. Чадеж, "Миланковићеви погледи на Ајнштајново схватање брзине светлости" - Др. Милан С. Димитријевић, "Допринос наших научника развоју Миланковићеве теорије" - М. Јеличић, "Миланковић као историчар и популаризатор науке" - Милица Мужичевић.

На крају овог броја "Васионе", Слободан Нинковић (на стр. 130-131) извештава о научном скупу посвећеном стогодишњици рођења М. Миланковића, а у рубрици "Нове књиге" (стр. 131-132), М. Јеличић пише о књизи Милутина Миланковића "Успомене доживљаји и сазнања, детињство и младост", Београд, САНУ, 1979, страна 383 + XIII. У истој рубрици, даље, на страни 132 је претстављен зборник радова "Живот и дело Милутина Миланковића", 1879 - 1979, Београд, САНУ (Галерија САНУ, 36) 1979.

У броју 1-2 за 1980. годину, у рубрици "Новости и белешке" на 47 страни саопштава се (потписан Дамир Јока) да је Скупштина Града Београда на седници Већа општина, одржаној 8. новембра 1979. године, одлучила да се једна улица на општини Нови Београд зове по имену Милутина Миланковића.

У броју 4 из 1980. године у рубрици "Нове књиге" (стр. 85-86) извештава се о новоизашлим књигама М. Миланковића: "Историја астрономије од њених почетака до 1727" (Научна књига, Београд, 1979) и "Основи небеске механике" (III издање, Научна књига, Београд, 1979).

У чланку "Шта су астрономи открили у другим наукама (II)" ("Васиона" бр. 2-3, 1981, стр. 42), аутор Б. М. Шеварлић помиње Миланковићева истраживања у климатологији, гео-

логији, затим на проблему реформе календара и на теорији вековног померања Земљиних полова.

У истом броју "Васионе", у рубрици "Нове књиге", Милан Јеличић на странама 56 и 57 пише о Миланковићевој књизи "Кроз васиону и векове" (Београд, Нолит, Библиотека "Занимљива наука", књига 6, 1979, стр. 301).

У вези реформе календара, Др С. Фемпл, у "Васиони" бр. 4 за 1983. годину, на страни 73 пише о Миланковићевој "шеми".

У броју 5 за 1984. годину, Слободанка Димитријевић-Крстић на стр. 92-94, даје осврт на прве студентске дане студената астрономије на Филозофском факултету Универзитета у Београду. У њеном сећању се појављује и проф. М. Миланковић који је предавао небеску механику, а који је "посветио пуну пажњу историјском развоју ове дивне науке".

У истом броју, у оквиру извештавања о садржајима радова са VII Националне конференције астронома Југославије, на страни 104 када се говори о чланку Душана Славића (који је дао преглед тачности 70 соларних календара), помиње се и Трпковићев (Миланковићев) календар.

У броју 1 из 1987, у чланку о стогодишњици Астрономске опсерваторије у Београду, аутор Милан Јеличић на страни 2 помиње да су почасни чланови Астрономског друштва "Руђер Бошковић" били М. Недељковић, М. Миланковић, В. Мишковић, Франо Доминко и П. М. Ђурковић.

У броју 3-4 за 1987, на страни 58 међу поменутих, за допринос у истраживачком раду налази се и

име Милутина Миланковића (чланак: "На стогодишњицу оснивања Астрономске и Метеоролошке опсерваторије" - Миодраг Митровић и Драгољуб Милићевић).

У чланку "Решавање корак по корак загонетке о леденом добу на Земљи" ("Васиона", бр. 3-4, 1987, стр. 107-116), аутор Божидар Поповић опширно ("корак по корак") износи Миланковићев истраживачки рад на објашњавању настанка ледених доба на Земљи. Чланак је тако конципиран да поред Увода садржи следеће поднасловне: Први кораци у објашњавању загонетке, Утицај осунчавања, Секуларне промене, Утицаји планетне атмосфере, Одјаци првих резултата, Нешто мало о померању полова, Нова коришћења Миланковићеве теорије, Коначни доказ астрономске теорије леденог доба. Осим тога чланак је илустрован са 9 слика, (између којих је одштампана и једна фотографија са ликом М. Миланковића).

У рубрици "Вести из наше земље" ("Васиона бр. 2-3, 1991, стр. 50), Милан Јеличић обавештава између осталог да је на скупу у част академика Татомира Анђелића, овом угледном професору и научнику, Драган Трифуновић поклатио своју књигу о Миланковићу (изашла из штампе 1990. године).

Поводом четрдесет година "Васионе", у броју 1 из 1992. године, на страни 3, М. Јеличић пише и то да су неки бројеви "Васионе" били тематски и да је број 1979/4 посвећен стогодишњици рођења М. Миланковића.

М. С. Димитријевић у чланку "Марс" ("Васиона" бр. 1, 1993, стр. 4) пише: "Један кратер на Марсу носи име М. Миланковића, човека који је обја-

снио зашто и како настају ледена доба".

У чланку "Шездесет година Астрономског друштва "Руђер Бошковић" ("Васиона" бр. 5, 1994, стр. 94), М. Јеличић пише да је у Београду 25. маја 1954. године Друштво организовало астрономско - астронаутичку изложбу, коју је "отворио наш велики научник М. Миланковић".

У рубрици "Вести из земље" ("Васиона" бр. 3-4, 1995, стр. 56), М. Јеличић саопштава да је свечано обележена 108-о годишњица Астрономске опсерваторије и да је том приликом Н. Ђ. Јанковић открио мермерну плочу са именима директора ове установе, на којој је било записано и име М. Миланковића (био је директор Астрономске опсерваторије у периоду 1948-1951).

У истом броју на страни 57, аутор потписан са "Хроничар" извештава да су на Коларчевом народном универзитету одржана предавања о календару. Говорећи о чланку В. Протић - Бенишек "Наши научници и календар" истиче да се она највише задржала на календару Захарија Орфелина, Максима Трпковића и Милутина Миланковића.

Јелена Милоградов-Турин, обавештавајући о раду XI Конференције Југословенских астронома ("Васиона" бр. 1-2, 1997, стр. 33-34) пише: "Занимљива је анализа цитираности Српских астронома - најцитиранији је др М. С. Димитријевић, а одмах за њим академик М. Миланковић" који "још увек живи кроз своје дело о теорији климе. Најцитираније дело је управо његов *Канон*".

У истом броју, у рубрици "Нове књиге" Ана Жакнић - Ђатовић пише о брошури Владе Милићевића "Милу-

тин Миланковић, живот и дело" (1995, 32 стране, Петничке свеске бр. 36, Истраживачка станица Петница).

У броју 1-2 за 1998. годину, износећи сећања на господина Ненада Јанковића, на страни 13, Зоран Ивановић пише: "У то време сам био у фази проучавања Миланковићеве "Небеске механике" и замишљања да је изучавање астрономије једино могуће уз помоћ векторске анализе (...) Од Ненада Јанковића и професора Данића сам научио да је астрономија далеко лепша и поетичнија него што се то може исказати диференцијалним једначинама".

У истом броју, на страни 54, у рубрици "Нове књиге", М. С. Димитријевић пише о књизи Ненада Ђ. Јанковића "ОТКРИВАЊЕ ВАСИОНЕ", Историја астрономије до 19. века" и сматра да "када је историја астрономије у питању, Српски народ је у изузетном положају захваљујући пре свега труду Ненада Јанковића, Милутина Миланковића и Бранислава Шеварлића".

На страни 55, М. Јеличић, извештавајући о промоцији књиге "ОТКРИВАЊЕ ВАСИОНЕ" каже: "О књизи први је говорио др Милан Димитријевић директор Астрономске опсерваторије и председник нашег Друштва. Почео је са Миланковићевим мишљењем да је историја науке највеличанственији део историје човечанства и да је у нашем народу астрономија лепо представљена кроз историје Милутина Миланковића, Бранислава Шеварлића и Ненада Јанковића". Даље, М. Јеличић извештава да је проф. др Јелена Милоградов-Турин "поредила" радове из историје астрономије Миланковића, Шеварлића и Јанковића. За трећег говорника том при-

годном приликом М. Јеличић пише: "Полазећи од поезије којом је књига богата мр Александар Петровић је направио паралелу између научног и песничког рада Руђера Бошковића и Милутина Миланковића са сличним настојањима Ненада Јанковића".

У рубрици "Вести из земље" ("Васиона" бр. 3, 1998), М. Јеличић извештава да су 24.10.1997. године на Београдском сајму (на штанду Завода за уџбенике и наставна средства), претстављена изабрана дела Милутина Миланковића.

На страни 118 ("Васиона" бр.5, 1998) Јелена Милоградов-Турин пише о оснивању Савеза друштва математичара и физичара ФНРЈ, напомиње и то да "академици Милутин Миланковић и Војислав Мишковић су отказали учешће, тако да је изабран други делегат - Перо Ђурковић". У наведеној литератури на страни 129 стоји референца: Анђелић, Т.: 1958, "Милутин Миланковитц" *Весник Друштва математичара и физичара НР Србије*, X, 7-10.

У истом броју (стр. 136-144), налази се чланак о Ивану Атанасијевићу (1919-1998) од аутора М. С. Димитријевића. На страни 136 помиње се да су комисију за одбрану докторске дисертације Атанасијевића сачињавали Милутин Миланковић, Драгољуб Јовановић и Павле Савић.

На страни 160 и 161 у истом броју, М. Јеличић извештавајући о радovima са Скупа "Развој астрономије код Срба", помиње - између осталих и радове који се односе на Миланковића, а то су: "Научни рад Милутина Миланковића" аутора Владе Милићевића, "Милутин Миланковић и Војислав Мишковић: Преписка" - Милорад Ђокић, Војислава Протић-Бенишек, "Миланковићеве филосо-

фске идеје и њихова актуелност" од Радомира Ђорђевића.

У првом броју за 1999. годину, у Рубрици "Вести из наше земље", на страни 18, Милорад Ђокић - извештавајући о изложби "150 година Српске метеорологије", пише и о доприносу у овој области који су дали многи ствараоци међу којима и Милан Недељковић и Милутин Миланковић.

#### 4. МИЛАНКОВИЋ У ПУБЛИКАЦИЈАМА АСТРОНОМСКОГ ДРУШТВА

У издању Астрономског друштва "Руђер Бошковић" 1984. године изашла је публикација бр. 3, под насловом "Записи и сећања на Астрономско Друштво" аутора Н. Ђ. Јанковића. На основу записа и својих сећања он осветљава првих неколико година рада Друштва: његове успехе и тешкоће на које се наилазило.

У књизи, Ненад Ђ. Јанковић износи своје прво студентско сећање на Миланковића: "Изгледом, ходом понашањем, па и начином предавања небеске механике, сасвим је одговарао личности професора у мојој машини. Разочараност ће доћи касније". А та разочараност код Ненада Јанковића произашла је из Миланковићевог неблагонаклоног става према оснивању и начину рада Академског астрономског друштва, као и према његовом првом председнику Ђ. Николићу. Наиме, према мишљењу Н. Ђ. Јанковића, Милутин Миланковић и Војислав Мишковић су сматрали да популаризацијом науке треба да се баве стручњаци, а не студенти, који су у прво време били најбројнији чланови Друштва. Када је Друштво тражило финансијску помоћ за штампање часописа "Сатурн",

тражено је мишљење М. Миланковића. Међутим његово мишљење (као и мишљење В. Мишковића) било је неповољно, тако да је - према схватању Јанковића - адекватна помоћ изостајала захваљујући таквом њиховом ставу.

Као публикација бр. 4 Астрономског друштва "Руђер Бошковић" (Београд, 1985) штампан је Зборник радова са VII Националне конференције Југословенских астронома (Београд, 9-11 В 1984), у којој се у неколико радова помиње Миланковићево име.

На страни 12, у чланку Андрије Б. К. Стојковића "Историја астрономије и филозофија" (стр. 9-13), у оквиру тачке 19, о Миланковићевом доприносу у науци пише: "М. Миланковић изграђује математичку теорију Земљине климе и климе планета и даје методе њиховог рачунског одређивања у далекој прошлости и будућности Земље". На истој страни, у тачки 20, стоји: "После прорачуна Е. Маха и Миланковићевих предвиђања (1925-28), данашња епоха астрономских и светоназорних продора човека у космос почиње са астронаутичком ером у астрофизици и историји човечанства заслугом науке и технике пре свега СССР и САД."

На стр. 108 у свом чланку "Став Срба према реформи календара", Ненад Ђ. Јанковић пише да су у српској делегацији на Свеправославном конгресу у Цариграду (1923. г.) били Митрополит Гаврило (1881-1950) и Милутин Миланковић. "Делегацији је препоручено - пише Н. Ђ. Јанковић - да се ослони на Трпковићев предлог, као што је предлагао Живковић 1919, сматрајући га најбољим".

На стр. 129-130 у свом чланку "Опште и појединачно, узроци и

последнице у делима М. Миланковића", Божидар Поповић пише: "Кад узмемо у руке било који рад М. Миланковића, можемо констатовати да он полази од одређених чињеница, физичке појаве уобличава у математичко рухо, па онда тражи шта из тога произилази - иде дакле типично од узрока ка последицама. Он исто тако иде од општег ка појединачном, од општег математичког облика до решења, па тек након решења приступа примени на поједине појаве.

Али ток његовог научног стваралаштва у суштини није такав. Изглед нас вара услед два разлога. Најпре он уопште не поставља питања каузалности, начином излагања се не опредељује ни за стриктну одређеност једне појаве другом, ни за међузависност појава, нити за зависност од више узрока. С друге стране он у својим радовима врло ретко износи пут који га је довео до постављања проблема, како је проблем поставио општематематички, па изгледа као да је на проблем наишао "с неба па у ребра". Тек у појединим деловима његових Успомена може се наићи на претходна размишљања и путеве којима је долазио до постављања проблема". Када се ради о Миланковићевом прилазу проблему леденог доба, аутор овог чланка каже: "Проблем леденог доба на Земљи анализира унатраг - од последица ка узроцима - и долази до закључка да су при ранијим решавањима проблема температуре на Земљи биле узете у обзир само инсолација и радијација, а није узето у обзир преношење топлоте кроз земљину кору".

На страни 136, у чланку "Историја астрономије у радовима академика Војислава В. Мишковића" (стр. 135-137), аутор Милица Мужичевић пише:

"О Хипарху, најзаслужнијем међу хеленским астрономима, писао је код нас једино Милутин Миланковић." Даље се износи мишљење Мишковића, који је сматрао "да му се (Хипарху - прим. аутора) Миланковић није одужио на прави начин" и "негодује" што Миланковић проглашава Хипарха "практичним астрономом". На стр. 137 аутор закључује: "...Мишковић се придружио оној домаћој традицији у којој су писали много чланови Академије: Ј. Жујовић, М. Петровић-Алас, И. Ђаја, М. Миланковић, А. Билимовић, Т. Анђелић".

У раду "70 соларних календара" (стр. 167-171), аутор Душан В. Славић на страни 169 даје таблицу: "Преглед соларних календара или процена трајања године" у којој стоји и тип календара од следећих аутора: Трпковић (1900), Миланковић (1923), Мишковић (1965).

## 5. ЗАКЉУЧАК

У раду је приказано присуство Милутина Миланковића у издањима Астрономског друштва "Руђер Бошковић" и то у часописима "Сатурн" и "Васиона", као и у Публикацијама. Чланци у којима се помиње Миланковић и фотографије на којима се он налази доприносе познавању живота и рада овог реномираног научника. Штавише, имену и делу Милутина Миланковића посвећен је и посебан број "Васионе" поводом стогодишњице његовог рођења.

Интересантно би било анализирати и помињање Миланковића у архиви Друштва, а свакако је интересантна тема и однос Миланковића према Друштву. Прегледом и анализом садржаја текстова о њему и његовом раду у часописима и публикацијама



Друштва, може се констатовати да је постојала узајамна сарадња: Миланковић је децембра 1934. године поклонио Друштву 38 свезака својих публикација, 1935. и 1936. - своја најпознатија дела, а дао је и сагласност да се у прва три броја из 1938. године објави по први пут на српском језику једно од писама, која чине његово чувено дело "Кроз васиону и векове".

Године 1940, Друштво је изабрало Миланковића за свог почасног члана. Кроз своје информативне рубрике редовно је извештавано о штампаним делима и јавним активностима овог цењеног научника.

Надамо се да ће овај текст скренути пажњу проучаваоцима живота и дела највећег српског астронома на издања Астрономског друштва "Руђер Бошковић".



Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 178 - 184, Београд

## ЕМБЛЕМА ИЗ РАДИШАНА

Радмило Петровић

Филозофски факултет у Приштини, Катедра за историју уметности  
Станоја Главаша 12, Београд

*Правоугаона емблема* исклесана од мермера, димензија 21,5 • 14,5 • 2,5 см, нађена на локалитету Радишана (Л. Јованова, 1996), у близини Скопља, представља изузетно вредан споменик синкретистичког култа "Подунавских коњаника".

Данашњи град Скопље у антици је био у оквиру великог римског града Colonia Flavia Scupi у провинцији Дарданији као њен најјужнији део и главни град (Ј. Зајлер - Zeiller, 1967; И. Микулчић, 1984)

Досадашњи налази минијатурних емблема са представом "Подунавских коњаника" били су начињени од олова и мањих димензија 7 • 8 см. То све говори да је налаз из Радишана олтарног карактера везан за култно место, а не мобилна меморија (Л. Јованова, 1996).

У свему још је важније да је наведени мермерни олтар много читкије ликовне диспозиције и као такав пред-

ставља круцијални доказ потпуног дешифровања култа подунавских коњаника (Л. Јованова, 1996), само-трачких Кабира (П. Мијовић, 1992; И. Поповић, 1992) и Хелене - Селене (П. Мијовић, 1992; И. Поповић, 1992).

Л. Јованова (1996) која је начинила опсежну студију налаза из Радишана веома је акрибично третирао сву доступну археолошку грађу и релевантну литературу. Њена интерпретација није дала ништа ново иако радишански налаз даје много читкији контекст "подунавског култа" него пронађени налази из последњих пола века, од када су почела систематска атрибуирања ових налаза. Л. Јованова је веома тачно засновала атрибуцију на повезивању три сфере, месту догађања радње: *подземној, надземној и сфери неба*. Она као да није успела да повуче једну црвену нит којом би повезала божанске зоне и поред свег труда око идентификације сваког појединчаног детаља мермерне емблеме из Радишана (сл. 1).



Сл. 1. Изглед емблеме из Радишана код Скопља.

Досадашњи истраживачки култ "Подунавских коњаника" увек су полазили од религијски засноване идеје сагледавајући појединачна веровања као елементе верских и култних радњи, заборављајући основну идеју античке религиозности "да су култне радње, веровања, и било какав вид идолатрије произишавали из годишњег обнављања природе и сазвежђа - зодијака - који је веома прецизно био везан за одређене месеце у години, пољопривредне радове и смену годишњих доба."

Из тако терестијалног сагледавања соларних култова (К. Вајцман - Weitzmann, 1979), пре свега, Митре, а посебно оних синкретистичких "Подунавских коњаника" - сви они добијају нову конотацију и много веће значење, јер су засновани на годишњем лунарно - соларном календару а не на компликованим култним радњама које су циљ саме себи.

Ако се пак вратимо на Р. Грејвса (1969) и његово третирање изворне грађе, а потом и најновије резултате руске религијско - астрономске школе (А. Гурштајн и др., 1989) која започиње своју митолошку културу да уклапа у календарски миље, онда емблема из Радишана изгледа много више акрибична, мање култна, више јаснија и поузданија. Разоткривање неког детаља култне радње не води увек ка поузданом циљу, већ покатак заводи дајући религијама и култним радњама већи значај но што оне то заслужују, а чији је циљ да буду у служби календарског протицања сунца и артикулацију сваке текуће године.

У основи нашег третирања радишанске емблеме биће најновија астрономска знања руске школе (А. Гурштајн, 1991) која је последњих 8 000 година поделила четири прецесије

на по 2 000 година. Из таквог фундарања као и због преклапања еклиптика и екуатора, "прецесије" гравитационог утицаја Сунца и Месеца на Земљу од почетка наше ере па до краја 2 000. године биће у знаку сазвежђа "РИБЕ" (А. Гурштајн, 1991). Из тог стеларног полазишта пролеће у последњих 2 000 година увек наступа у сазвежђу Риба, нешто крајем 20. марта.

Следствено томе лето је почињало негде око 21. јуна у сазвежђу Близнаца, јесен 22. септембра у сазвежђу Девике, а зима 20. децембра у сазвежђу Стрелца (Ј. Брау - Brau, 1991).

Сада постаје јасно зашто је радишанска емблема била конципирана управо баш на такав начин, зашто је централна оса била ослоњена на ликовној представи рибе на треношцу (триподу), алузији сазвежђа "Риба", пару коњаника Диоскура који су алузија на сазвежђе "Девике". Централна метопа емблеме је тако веома уско прецизирана на 21. јун када је био последњи дан сазвежђа "Близнаца" и последњи дан пролећа; када се на небу већ појављивало сазвежђе "Рака", лето које се окончавало последњим даном 22. септембром, у сазвежђу "Девике" (Ј. Брау, 1991).

Из свега изложеног можемо закључити да је митолошка основа култа "Подунавских коњаника" била базирана на односу Сунца, Месеца и зодијачких сазвежђа годишњег протицања. Али у основи ове стеларне, лунарно - соларне идеје стоји античко схватање летњег солстиција 21. јуна као једног општег пожара Conflagration-a (М. Елиаде - Eliade, 1988) за разлику од зимског солстиција који је схватан као свеопшти потоп "Diluvium". То је све про-

истицало из античког схватања есхатологије, краја света и космогоније његовог поновног рађања.

Када је антички митограф прецизно засновао култну слику "Подунавских коњаника" на релацији сазвежђа Риба, Близанаца и Девице накнадна надоградња била је утемељена на античком схватању летњег умирања Сунца - летњем солстицију и његовом поновном рађању у "зимском солстицију".

Али античка религијско - култна мисао увек је у свему тражила дубљи и темељнији контекст него што су то биле радње блиско времену за поједине паганске богове или богиње. Следствено томе сазвежђе "Девице" - Хелене-Селене представљано са раширеним рукама у којима се налази корлица испуњена обилним плодовима јесени<sup>1</sup> као знаком да се природа сачувала од убитачне снаге Сунца 21. јуна - летњег солстиција - у сазвежђу Диоскура, "Подунавских коњаника" (Ј. Брау, 1991).

На тај начин искрсава један грчки обред који се одиграо на дан летњег солстиција 21. јуна сваке године (Р. Грејвс, 1969) када је требало да буде усмрћен један човек одевен у црну овчију кожу као жртвовани краљ прве половине године, а уствари убијен је свети краљ - Сунчева топлота (Ј. Брау, 1991). Овај обред је био узрокован из астрономских разлога, јер је мерењем утврђено да је убитачна снага Сунца започињала да слаби, да је Сунце у зениту почињало да опада баш тог 21. јуна сваке године. У тренутку када је целокупни жетвени принос зависио од доласка кише и слабљења Сунца које је узорковало перманентну

сушу, Сунце је 21. јуна почињало да слаби - митолошки речено да умире.

Ануално - соларни феномен је веома добро алудирао у тимпанону изнад главне сцене у којој се налази Диоскури и Девица - симболична зооморфна алузија ликовне представе орла и змије (Л. Јованова, 1996; Р. Грејвс, 1969). Грчка религијска мисао указује да је година била подељена у почетку само на два дела. Први део године био је ликовно представљен змијом, а други атрибуиран орлом. Тако у средини радишанског тимпанона видимо орла који кликће у пуној снази, јер представља другу половину године која је тек започела, а поред њега у форми траке налази се већ мртва змија која означава прву половину године која је окончана баш тог 21. јуна.

Али да би ова стеларно - лунарна конструкција била боље успостављена било је неопходно потребно артикулисати улогу сазвежђа Девице<sup>2</sup>. Тако Хелена, сестра Диоскура, постаје сазвежђе Девице. Али митограф је улогу "сазвежђа Девице" још више надоградио стварањем лика Хелене-Медее (Р. Грејвс, 1969) која је постала службеница тројне богиње месеца: Персефоне, Деметре и Хекате.

Неки научници су валоризацију Медее у античкој митологији конотирали митом о "Аргонаутима", повезујући путовања брода Арга са годишњим путем Сунца - сазвежђима зодијака. Обиле археолошке грађе везане за "Подунавске коњанике" нађено је уз реку Дунав што говори да су они засигурно били заштитници речне и морске пловидбе и да се

<sup>1</sup> Хелен-месец или корпа која се употребљава приликом преношења жртава богињи Месец (према: Р. Гејвсу, стр. 614).

<sup>2</sup> И није случајно да завршетак сазвежђа Лава наслеђује летње сазвежђе Девице 23. августа.

мит о "Аргонаутима" догодио на реци Дунаву. Следствено томе Медеја, иначе праунука Хелија - Сола, добила је од свог прадеде змијску бигу, кочију упрегнуту са две змије, увек када је била у животној опасности 21. јуна да би могла да смањи Сунчеву снагу, донесе кишу и тако обнови природу новим жетвеним приносом. Као алузија на тај митолошки концепт приказан је конфротирани пар змија са обе стране орла у тимпанону емблеме из Радишана, као део биге Хелија - Сола, чија победничка ординација указује на леви и десни угао емблеме из Радишана. Сасвим супротно уобичајеној пракси у левом углу је Хелена (Селена - Луна), а у десном Хелије - Сол. У светској митологији Луна - месец увек има функцију HESPERUSA-а, вечерње звезде, а Сол - сунце PHOSPHORUS-а, јутарње звезде.

У нашем случају на емблеми из Радишана Луна и Сол имају уздигнуте бакље да покажу да дан није ни почео нити се завршио, већ да у овом тренутку траје троструки сунцостај. У супротном, 21. јуна каже се да је убитачна снага Сунца престала, да је природа сачувана и да ће веома брзо доћи спасоносна киша која ће нахранити жедна поља и донети сигурну летину.

Грчка митологија казује да је Хелена била жена Крона, а да је њена функција богиње месец посебно била поштована у Спарти. Следствено томе једна од Медејиних титула била је Хелена са улогом чаробнице. Управо је Медеја била та која је једина руковала лонцем за подмлађивање а који је омогућавао херојима да поново живе свој нови живот на Земљи и поред смрти тела у војничкој борби.

Функција олтара, са њене леве и десне стране, поред Хелене - Медеје, са запаљеним огњем још је индикативнија. У овом случају "ватра" је била светли елемент који је жртвени принос постављен на олтар чинио бесмртним, тј. све што би ватра сажегла било би бесмртно уколико је било спаљено на олтару Медеје - Хелене. Медеја - Хелена је била господарица рајских Јелесејских поља - па тако рајске руже представљене у доњој зони - "подземља" емблеме из Радишана у коначном тријумфу превазилазе у њеним рукама другу зону где се налазе два леша као база коњаника Диоскура да би успеле у трећу зону неба - целума. Тако поред подигнуте бакље у Селениној (Хелениној) левици видимо једну јелесејску ружу која указује да је процес обнављања природе окончан и да је жетва спасена од убитачне снаге Сунца 21. јуна.

При овоме не би требало заборавити бинарно, амбивалентно значење Диоскура, тј. сазвежђа Близанаца. Два леша испод њихових ногу говоре да су они пола године у подземљу, а њихове хипостазе изнад знак су да баш сад наилази друга половина године на Земљи, тј. да су пола године смртни, а пола године бесмртни.

Централни олтари са запаљеном ватром имају још дубље значење. Осим телесно обнављајућег они говоре да је ватра са олтара која је била упаљена за живота краља прве половине године угашена и да је сада, после 21. јуна, наступио други свети краљ - друга половина године - његово преузимање власти и устоличавање праћено поновним паљењем олтарске ватре као знаком почетка трајања друге половине године.

Зона подземља, емблеме из Радишана, испуњена је финим алузијама а поентирана је једним античким храмом у доњем десном углу. Овај храм, форме тетрастилоса, има на емблеми функцију ВРАТНИЦА ТАРТАРА<sup>3</sup>, уласка у доњи свет смрти. Он је на емблеми INTROITUS, док је највиша тачка са Луном и Солом EXODUS у сфери целума - неба. Ова зона је веома пластично артикулисана представом светог краља САЗВЕЖЂА ОВНА, који је убијен, одран, а потом окачен на дрво.

Сазвежђе Овна било је у антици сматрано иницијалним почетком, јер је 21. март представљао почетак године. Смрт светог краља овде има значење PAX ETERNA да би смрт светог краља довела до TABULA RASA-е, која би омогућила изједначавање дана и ноћи у пролећној равнодневници и рађање новог живота и поновног раста Сунца новог краља - од пролећне равнодневнице 21. марта па до Сунчевог највишег раста - сунцостаја летњег солстиција - тренутка када се Сунце налази у зениту 21. јуна, које означава летњу смрт краља Сунца. Уочавамо фини антитезу између сазвежђа Овна 21. марта чија смрт омогућава рађање младог краљевића Сунца, насупрот јунске смрти тог истог владајућег краља Сунца 21. јуна, које је достигло зенит.

## РЕЗИМЕ

Мермерна емблема пронађена у селу Радишане у Македонији представља олтарну икону из неког храма "Подунавских коњаника" из Scupiја. Ова емблема указује на нову митолошку

функцију пара Диоскура, Кастора и Полидеука (П. Мијовић, 1992), смртних бесмртника, као стеларног сазвежђа које персонализује 21. јуни, последњи дан сазвежђа Близанаца. На наведеној емблеми њихова сестра Хелена добија функцију Медеје, богиње месец и конотацију богиње судбине Немезе која својим ћутањем алудира на полугодишње умирање и поновно обнављање природе. Овде су бесмртни Диоскури, сазвежђе Близанаца, унутар потпорних стубова свога храма у Спарти који су и њихов атрибут, тзв. DOCANA-е. Заједно са својом сестром Хеленом чине тријаду, симболишући плодност, принцип постанка и нестанка, два пола крајности. Са једне стране указују да телесна смрт омогућава будући живот као INTROITUS - из смрти у земаљски живот и трансценденцију на небо целум - што омогућава коначни EXODUS у ружина Јелисејска поља. Они, такође, представљају персоналну алузију на процес умирања Сунца у летњем солстицију његов EXODUS и поновно рађање младог Сунца за време зимског солстиција у децембру, који је знак поновног INTROITUSA, тек рођеног Сунца. Алузија сазвежђа Диоскура (Близанаца) у коначном свом следу одсликава годишњи ток Сунца, његово летње умирање и зимско рађање, полугодишњу смрт и поновно рађање природе сваке календарске године.

<sup>3</sup> Age of Spirituality, цитирано, стр. 180-181.

ЛИТЕРАТУРА

- GREJVS R. 1969: Grčki mitovi, Beograd.
- ГУРШТАЈН А., КАРПЕНКО Ј.А., КЛИМИШИН, ТЕЈЛОР Е.Б. 1989: Првобитна култура, стр. 172.
- ГУРШТАЈН А. 1991: Минуле цивилизације у огледалу зодијака. Природа, 10: 57-71.
- ELIADE M. 1988: Mit i zbilja. str. 46, Beograd.
- ZEILLER J. 1967: Les Origines Chretiennes dans le provinces Danubies de L'empire Romain. Studia historica 48, Rim.
- ЈОВАНОВА Л. 1996: Споменик од култот на Дунавските коњаници. 14, Macedoniae Acta Archaeologia, 1993-1995: 155-172, Скопје.
- КРУНИЋ С. 1994-95: Необјављене иконе подунавских коњаника из збирки Музеја града Београда, Старијар XLV - XLVI, стр. 163-172.
- МИЈОВИЋ П. 1983: Тријумфи и смрти. стр. 71, Подгорица.
- ПОПОВИЋ И. 1992: Споменици култа подунавских коњаника из Народног музеја у Београду. ЗНМ XI - 1, Београд, стр. 53-68, Београд. Иста Радионица оловних предмета или светилишта култа дунавских коњаника у Виминацијуму, Виминацијум 7, Пожаревац 1992, стр. 27-56.
- WEITZMANN K. 1979: (ed.) Age of Spirituality, New York, 193-197.





Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 185 - 191, Београд

## НАЈСТАРИЈИ ЗАПИСИ ВЕДА О ЦИКЛУСИМА КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА И ОТКРИЋА МИЛУТИНА МИЛАНКОВИЋА

Јован Ј. Курбалија

НИС - Нафтагас, Нови Сад

### УВОД

Сваки човек, свесно или несвесно, путује ка свом Извору. На том путу открива разне појаве, стања, реги-струје их, а понекад желећи да их разјасни шири сазнање о односима у природи. Долази до открића! Радо-знао, трага даље, откривајући све више и више. Управо такву животну путању имао је академик Милутин Миланковић. Постао је великан не само у свом времену већ и за будућност. У свом српском роду, за живота, остао је скоро анонимус, роду за опомену, а духовним и научним трагаоцима за пример!

Ко се мало озбиљније посвети духовном трагању проводећи свакодневну духовну праксу и едукацију, скоро обавезно долази до ВЕДА, најстаријих духовних списа. Вече су корен и стабло свеопштег Знања. Оне пишу о Творцу, Творевини, Човеку и његовој улози у креацији. Дакле,

пишу о смислу живота и постојања. Изгледа да нема теме о којој Вече не дају објашњења човеку како да се оријентише у свим временима и непрестаним променама. Имајући пред собом живот и дело Милутина Миланковића стиче се снажан утисак да је он свесно ишао и духовном и научном стазом, баш као и познати научник нашег рода Никола Тесла.

### ШТА СУ ВЕДЕ ИЛИ ВЕДАНТА (или ВИДЕ)

Вече су увек постојале, прво као усмена предања од Учитеља на ученика, а касније, да се не би прекинуо нит Знања, записане су и остављене човечанству у аманет. Писане су на санскрту из кога је директно, по речима лингвиста, произашао српски и неки други језици. Сама реч Веданта, Вече или Виде значи видети, знати. Од тога у на-

шем језику постоји изрека: *Он то боље види од других*, - наравно, у значењу да он то боље зна од осталих.

Веде су писали мудраци надахнути Божанском мишљу и гласом, слично као што је Јован на острву Патмос записао Откровење за Библију. Не зна се тачан запис првих Веда, али се сматра да су настале пре 5 800 година да би их, пре 5 100 година, мудрац Вјаса средио и сходно темама које обрађују поделио на четири групе:

1. Сама веде обрађују стихове, мелодије и мантре које скривају велике тајне.
2. Јадјур веде говоре о жртвеним правилима свештеника.
3. Рг или Риг веде садрже митологију обједињену у десет књига под називом мандале.
4. Атхарва веда објашњава психолошке моћи, упутства за постизање надчулних способности којима се надвисује материјална стварност. Има 24 свеске које садрже магичне формуле великих моћи.

Ведама припадају и Упанишаде које чине саму суштину ових старих списа. У почетку било их је 1 180, а сачувано је само 108. Циљ Упанишада је тражење суштине скривене у појавном свету материје коју доживљавамо чулима. Оне објашњавају улогу и суштину човека у креацији, однос микрокосмоса (човека) и макрокосмоса (васионе).

Цео опус Веда дели се на филозофију и књижевност. Филозофију Веда чине: Упанишаде, Багавад Гита и Веданта Сутра. Књижевност Веда садржана је у еповима Рамајана, Махабхарата и осамнаест Пурана.

Ведски списи били су похрањени највише у библиотекама храмова, а

мањи део у дворцима разних махараџа. О њима су водили рачуна мудраци и свештена лица који су ту живели. Током времена силазне етапе и са преласком у мрачну етапу број мудраца и истинских зналаца Веда се смањило. Време је чинило своје. Тако је настало доба када више није било оних који су могли на прави начин разумети старе записе и пренети знање на млађе генерације. И, настала је збрка. Многи су тврдили да су учени и да знају, а знали нису. Свако је са аспекта свог нивоа знања тумачио оно што у потпуности није знао и на тај начин преносио сопствене заблуде ученицима. Тама незнања, снаге мрака и заблуда, као последица хладних климатских прилика, прекрила је свеколико човечанство. То је разлог да постоје разни прорачуни временских раздобља, такозваних југа, који се крећу од неколико до више стотина хиљада па и до неколико милиона година за исту временску етапу. Невероватно, али истинито. Наравно, при оваквом, "тумачењу," старих списа све је мање било оних који су бар нешто знали, а рапидно је растао број незналица и лажних зналаца који су негирали било какво велико знање у прошлости. Формиран је став да еволуција тече праволинијски и без осцилација, а о циклусима се ништа није знало. Дуг временски период учинио је да се многим порукама старих Веда приметне траг тако да се све више тањила нит истинског знања. Међутим, када би се дошло до критичне тачке, а да се не прекине нит знања, појављивали би се велики духовни, христолики, Савршени Учитељи (спасиоци, месије, пророци) који би обнављали поруке старих Веда. Управо тако се догађало и са делом Веда које говоре о временским раздобљима, климатским променама и њеним утицајем на популацију људског ро-

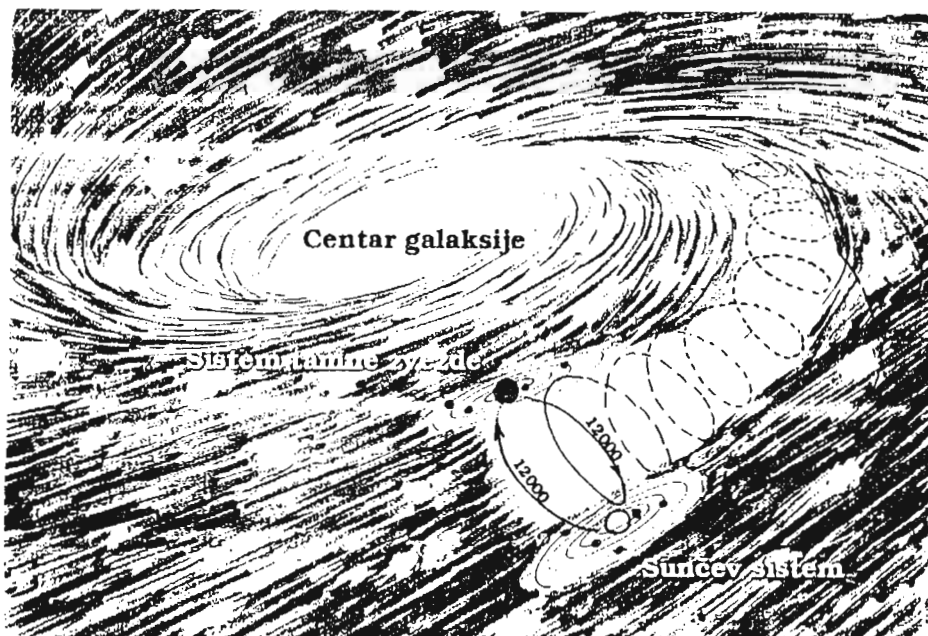
да. Постоји више низова Савршених Учитеља. Један од тих је низ који чине: Бабађи - Лахири Махасаја - Сри Јуктешвар - Јогананда (и Вивекананда чији је учитељ био Рамакришна) који допиру до нашег великана Николе Тесле, са којим је Вивекананда једном приликом, 1893. године, после Светског парламента религија у Чикагу, разматрао духовна питања. О томе постоји и писмо Вивекананде објављено у књизи о Николи Тесли (Господар муња) у којем он, између осталог наводи:

*"... Али тај Тесла зна буквално све! И више, зна и оно што нико ко није бог не може знати... Ја верујем да је он, по свој прилици, оно што још нисмо знали да постоји - бог - кључар*

*свеукупне божанске енергије колико је има у Универзуму..."*

#### КЛИМАТСКИ ЦИКЛУСИ ПО ВЕДАМА

Из напред поменутог низа Савршених Учитеља, Сри Јуктешвар (1855-1936) из Серампореа у Индији, обновио је и изнео јавности на видело записе старих Веда о климатским циклусима. Он је у књизи "The Holy Science" (Света Наука) крајем деветнаестог века, тачније 1894. године, поново објаснио временска раздобља, климатске циклусе и њихов утицај на људски род. Овде ћемо укратко изнети његова објашњења. У циљу јаснијег разумевања послужићемо се сл. 1. и сл. 2.



Сл. 1. Галаксија Млечни пут са Сунчаним системом и његовим парњаком, тамном звездом са њеним планетарним системом.

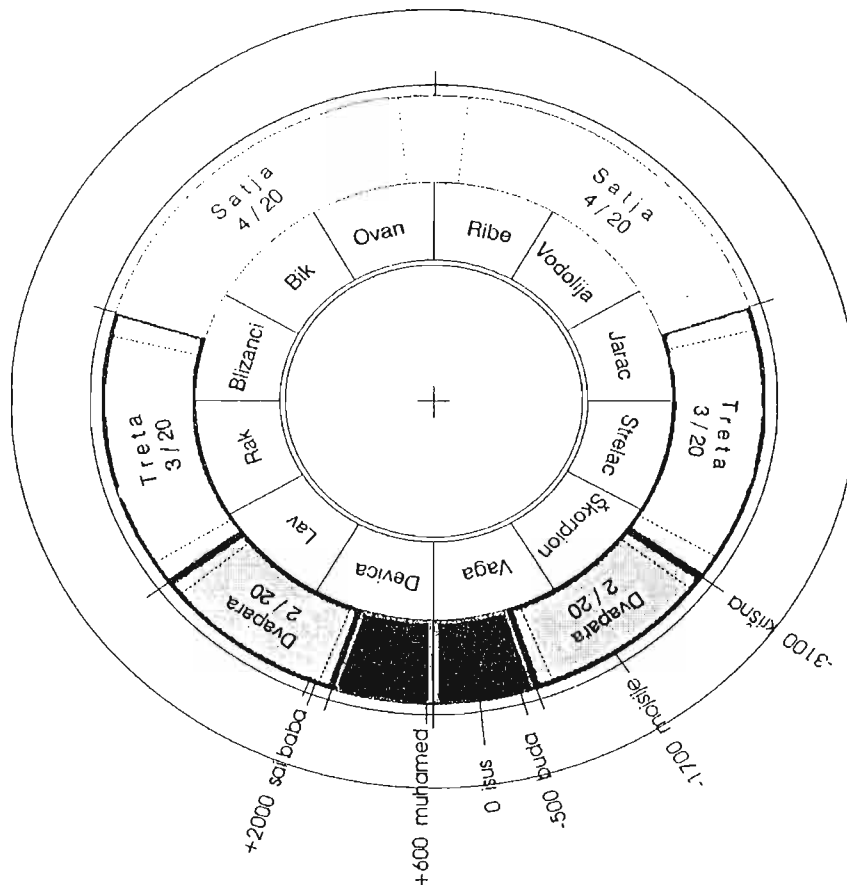
Да не бих умањео поруке Веда навешћу коментар Сри Јуктешвара:

"Источна астрономија нас учи да се месеци окрећу око својих планета, а планете се, окрећући се око своје осе, са својим месецима обрћу око Сунца, а Сунце, са својим планетама

и њиховим месецима, узима неку звезду за свог парњака и обрће се око ње за отприлике 24 000 земаљских година - небеска појава која проузрокује да се равнодневничке тачке крећу уназад око зодијака. Сунце има још један облик кретања, који чини да се обрће око великог

центра који се назива Вишнунави (пупак Вишуна) који представља седиште стваралачке моћи Брахме, универзалног магнетизма. Брахма регулише *дарму*, менталну врлину унутрашњег света. Кад Сунце у обртњу око свог двојника дође до места

које је најближе том великом центру, седишту Брахме (што се дешава кад тачка јесење равнодневнице дође до првог степена Овна), ментална врлина постаје толико развијена да човек лако може разумети све, чак и мистерије Духа.



Сл. 2. Круг поделе на временска раздобља - југе.

После 12 000 година, када Сунце у својој орбити дође до места које је надаље од Брахме, великог центра, (што се дешава кад јесењи екватор падне на први степен Ваге), *дарма*, ментална врлина, постаје тако смањена да човек није у стању да схвати ништа изван грубог материјалног света. Са друге стране, кад Сунце током своје револуције почне да се приближава месту које је најближе овом великом центру, *дарма*, ментална врлина, почиње да се раз-

вија. Тај се развој постепено довршава током наредних 12 000 година.

Сваки овај периода од 12 000 година доноси потпуну промену система, подједнако споља у материјалном и изнутра у интелектуалном или електричном свету и назива се једном од Даиба Југа, или Електричних Парова. Тако Сунце за 24 000 година обиђе пун круг око свог парњака и доврши један електрични циклус који се састоји од 12 000 година успи-

њућег и 12 000 година силазећег лука”.

Овде нерадо завршавам цитат Сри Јуктешвара из божанствене књиге ”Света наука”, писана 1894. године, задивљен како аутором, тако и по рукама древних Веда.

Покушајмо сада објаснити приложене сл. 1 и 2 и шта се дешава са менталним особинама људског рода по етапама једног електричног циклуса који се састоји из 12 000 година силазећег и 12 000 година узлазећег лука. Напомињемо читаоцима да се године трајања појединих југа дају тачно као у Ведама, али се подразумева да су све промене: менталне, физичке, климатске па и географске постепене.

- Пре 13 500 година или 11 501 године пре Христа, тачка јесење равнодневнице падала је на први степен Овна (сл. 2). Сунце је ушло у силазну путању и почело да се удаљава од тачке своје орбите која лежи најближе великом центру наше галаксије Млечни пут. То је време веома великих менталних способности људске популације где човек разуме скоро све данашње мистерије (електрицитет, магнетизам, божанственост Духа...). Комуницира се гласом, али поједини људи и ментално, док је писмо непотребно у свакодневном комуницирању. Клима је топла, водене површине знатно више од данашњих, а сходно мањим копненим површинама и популација људског рода је бројчано мања. Живело се здравије и знатно дуже. Велике менталне способности људског рода трајаће све до 6 701. године пре Христа, дакле 4 800 година колико траје ова Сатја (или Крија) југа. Међутим, постоје јасни знаци опадања тих вредности, сходно све већем удаљавању Сунца од великог центра

галаксије Млечни пут. Ово је време великог прилива свакојаким суптилних енергија из тајанственог центра наше галаксије. Нема ратова изузев веома ретких, малих, пре би се рекло неспоразума, који се брзо решавају.

- После дуге Сатја југе Сунце се, са својим планетама, још више удаљава од великог центра и улази у временско раздобље названо Трета југа која траје следећих 3 600 година (од 6 701. до 3 101. године пре Христа). Ово је време када менталне способности људског рода знатно слабе, тако да је интелект изгубио моћ знања о божанском магнетизму. Сунце се све више удаљава од великог центара галаксије, све планете његовог система примају знатно мање енергије, клима се постепено мења ка све хладнијем раздобљу. Ограничавајуће способности интелекта се манифестују са све више негативних дешавања на планети Земљи. Нит Знања се тањи тако да у овом времену, долази први велики Учитељ, Сри Рама, који обнавља морал, етику, племенитост, љубав - вредности које је човек у великој мери почео да губи. У овом времену, везано за Раму, дешава се сукоб на Сри Ланки (Цејлон) који ће касније послужити за стварање великог епа ”Рамајана”. На планети Земљи, са нешто хладнијом климом, настају веће копнене површине, а са индијског потконтинента одвија се сеоба на рода.

- Са проласком претходне две југе (Сатја и Трета), Сунце је са планетама превалило највећи део силазне путање од 12 000 година, јер је од тога утрошило 8 400 година (4 800 + 3 600). Настало је време Двапара југе која ће трајати следећих 2 400 година. То је време знатно хладније климе, људски инте-

лект изгубио је способност да разуме знање о електрицитету и његовим особинама. Реалне могућности људског ментала знатно су смањене, те настаје опасност да се нит Знања сувише истањи и нестане. Да се то не би десило поново се појављују, али сада чешће, велики Учитељи. Већ на почетку Двапара југе (3 100 година пре Христа) долази Сри Кришна, а затим 1 700 година пре Христа појављује се Мојсије. Сваки од њих, на свом простору и у датом времену, обнављају главне принципе етике, морала, исправног живљења, истине, љубави... Наравно, поруке се односе на свеколики људски род. У овој Двапара југи ниво општег знања и способности људске интелигенције знатно су опали те се указује потреба да се Знање запише и остави поколењима на проучавање. Тада настају ВЕДЕ. У њима се наговештава даљи пад људске интелигенције и време још већег мрака, заблуда, незнања и страдања. Међутим, да не би све изгледало безнадежно, у Ведама се дају упутства духовним трагаоцима, како и на који начин се супротставити надолазећим невољама. За ово временско раздобље, за име Кришне, везано је догађање на бојном пољу Курекшетра, које је послужило за писање великог епа "Махабхарата", односно "Багавад Гите", који преносе велика знања. У осталим деловима Веда (Сканда Пурана, Бригу Самита, Маркандеја Парва и друге) најављују се, појединачно, појаве великих Учитеља (Мојсије, Зороастра, Буда, Исус Христос, Мухамед, Саи Баба...). Све ово учињено је да би се сачувао људски род од следећег, најмрачнијег временског раздобља - Кали југе.

- Сунце са својим планетама најзад се спустило у последњу етапу названу Кали југа, или како би ми Срби

рекли, у каљугу. Ово мрачно и по много чему несрећно временско раздобље траје 1 200 година. То је време изопаћења свих моралних и етичких вредности, време ратова и општих заблуда. Интелектуална способност човека толико је опала да није више могао да појми ништа осим грубих материјалних компоненти Креације. У овом временском раздобљу појавило се више великих Учитеља од којих су најпознатији Буда (око 500 године пре Христа), Исус Христос (нулта година - од које се рачунају године у савременом календару), Мухамед (око 600 година после Христа). Сунце је прошло кроз најудаљенију тачку од великог центра галаксије 499. године наше ере. Зато је то најмрачнији период читавог циклуса од 24 000 година. То је време са највише ратова на целој планети Земљи, време свеопште патње и страдања свих народа. Што се тиче климатских прилика, то је заиста најхладније раздобље на планети.

После силазне етапе од 12 000 година Сунце се са планетама, од 499. године нове ере, креће узлазном путањом, понављајући обрнутим редом иста временска раздобља: прво је Кали, а затим Двапара, Трета и на крају Сатја југа. До ове, 1999. године, човечанство је иза себе оставило узлазну Кали југу (која је трајала од 499. до 1699. године) и већ се 300 година налази у узлазној Двапара југи. Клима је и даље хладна, али са сталним трендом раста. Сунце са планетама путује ка великом центру галаксије Млечни пут, примајући све више и више енергије која утиче на отопљавање површине свих планета. Што се тиче планете Земље и људског рода на њој, последице ће бити следеће: све ће више и више расти интелигенција и способности поимања разних мистерија.

Вода ће се ширити и заузимати све већи део копна. Популација људског рода ће се смањити, живеће се све здравије и дуже. После мрачног периода две Кали југе дуге 2 400 (1200 + 1200) година, великих заблуда и вековних неспоразума праћених ратовима, настаће период затишја од око 1 000 година (један од планетарних циклуса), да би после тога поново човечанство осетило дејство Двапара и Трета југе.

#### ЗАКЉУЧАК

После читања напред изнетог можда ће неко помислити да Веде, а посебно овај рад умањује значај Миланковићевог открића? Ништа од тога - већ напротив!

✧ Милутин Миланковић, својим научним радом и високим духовним нивоом потврдио је поруку Веда да само истраживачи чиста срца и високих духовних вредности, уз истрајан рад, долазе до истинских открића. Сетимо се речи нашег Николе Тесле: "Када човек угради духовност у научни рад, за десет година постиже више него за столећа пре

тога... Само они истраживачи који буду чиста срца спознаће и разумети моја открића".

✧ По субјективној оцени аутора овог рада, Милутин Миланковић је поседовао изузетно високе моралне и етичке вредности, две битне компоненте високих духовних личности. У Ведама се увек истиче да само особе пуне племенитости, љубави, алтруизма, могу достићи оне нивое који су недоступни обичним људима. Уз истраживачки таленат, природно је да такав човек постигне и висок научни домет.

✧ Разлика у прорачуну М. Миланковића, да се прецесија одвија у просеку сваких 25 000 година, у односу на време од 24 000 година које је наведено у Ведама, не умањује откриће и прорачун нашег великана. Пре бих рекао да то само потврђује чињеницу да човек, из своје земаљске перспективе, једним делом може сагледати међусобне утицаје космичких чиниоца у Креацији.

#### ЛИТЕРАТУРА

- ŽDRALE R. 1993: *Gospodar muwa* (roman o N. Tesli), Dnevnik, Novi Sad.  
JUKTEŠVAR S. 1894: *The Holy Science*. Bombay, (prevod) 1995: Sveta Nauka, B. Boričić, Beograd.  
МИЛИЋЕВИЋ В. 1997: *Сјај звезде Миланковић*. Рударско-геолошки факултет, Београд.  
OPUS VEDA 1989: *Śrimad Bhagavatam* (19 tomova), Beograd – Rijeka, *Bhagavad Gita, Brigu Samhita, Višnu Purana*, BIGZ.



Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 192 - 198, Београд

## МИЛУТИН МИЛАНКОВИЋ У "ДУГОПЕРИОДИЧНИМ ГЛОБАЛНИМ ВАРИЈАЦИЈАМА УЛАЗНОГ СОЛАРНОГ ЗРАЧЕЊА" ОД АНАНДУ Д. ВЕРНЕКАРА

Божидар Д. Јовановић,

21000 Нови Сад, Радничка 53/2

У току боравка у САД скренута ми је пажња на 12-ти том МЕТЕОРОЛОШКИХ МОНОГРАФИЈА, бр. 34, које издаје Америчко метеоролошко друштво из Бостона издато фебруара 1972. године под насловом "ДУГОПЕРИОДИЧНЕ ВАРИЈАЦИЈЕ УЛАЗНОГ СОЛАРНОГ ЗРАЧЕЊА". Написао их је Ананду Д. Вернекар. Нажалост, нисам могао да их купим у оригиналу, па сам их фотокопирао у детроитској јавној библиотеци. У самом уводном тексту се спомиње Милутин Миланковић, мој драги професор на Универзитету и председник комисије на одбрани мог дипломског рада.

### ИСТОРИЈСКИ ПРЕГЛЕД ДО ВЕРНЕКАРОВОГ ДЕЛА

Ми желимо да се упознамо са оним местима на која се писац позива на Милутина Миланковића, али ради лакшег разумевања и праћења навешћемо шта су други урадили на овом пољу рада. Истовремено ћемо тако

добити заокружену целину до 1971. године. Погледаћемо успут и у три књиге које је наш чувени научник написао под заједничким насловом "УСПОМЕНЕ, ДОЖИВЉАЈИ И САЗНАЊА".

Посматрајмо прво нашу Земљу у току свог годишњег кретања:

- 1) свакодневно се обрне око своје осе,
- 2) за годину дана дуж своје путање обиђе око Сунца. Са друге стране, Сунце непрекидно зрачи у Васиону. Само део тог зрачења стиже до горње границе Земљине атмосфере. С обзиром на то да небеска тела подлежу строгим законима Небеске механике, тзв. вековне (секуларне) промене те радијације могле би се пратити и у прошлост и будућност и то са великом тачношћу. У споменутих обрасцима се појављују: а) екстренцитет путање, б) даљина перихела од пролећне тачке и в) нагиб Земљине осовине обртања у односу на раван путање. Све три подлежу променама у току времена



услед узајамног дејства осталих небеских тела.

Међутим, између горње границе атмосфере и Земљине површине постоји ваздушни омотач који не мирује, а изазива и преламање, расипање, одбијање и упијање зрачења. Ако се овоме дода још и непрекидно кретање појединих слојева, проблем изгледа нерешив. Изоставимо ли ово последње имамо тзв. СОЛАРНУ КЛИМУ. Милутин Миланковић је баш то предпоставио, тј. да атмосфера мирује.

Стоквел је 1875. године израчунао те секуларне поремећаје за осам главних планета (Плутон још тада није био откривен). Војислав Мишковић (1931) поново је израчунао исте величине за прецизније податке о масама и о путањским елементима. Међутим, при томе није узео у обзир значајан утицај другог реда који изазива секуларна неједначина код кретања Јупитера и Сатурна. На то је упозорио Џорџ Улијам Хил (1897) проучавајући кретање ових двеју планета. За израчунавања нагиба и прецесије Мишковић је употребио тригонометријске обрасце које је извео Пјер Симон Лаплас 1843. године, а они су тачни само до првог степена ексцентрицитета и нагиба.

Д. Бауер и А. Фан Вернон су 1950. године извели потпунији прорачун за све планете, али опет без Плутона, водећи рачуна о основним побољшањима која је предложио Хил. Употребили су тада најновије податке. С. Шараф и Н. Будњикова (1987) утврдили су да у претходно наведеном раду постоје грешке за почетне вредности за лонгитуде чворова за Венеру и за Земљу. Поново су израчунали интегралне константе са поправљеним почетним вредностима. Са друге стране су извели тачније тригонометријске обрасце за прецесију и за нагиб укључујући и чланове другог реда.

Прецизним математичким обрасцима Миланковић је 1920. године проучио светлосно и топлотно зрачење Сунца, њено ширење у васиони, како се, по доласку до горњег слоја атмосфере Земље и других планета, топлота распоређује по њима, на који начин продире у њих, како се осунчавају и загревају површине тих планета, како се огледају у дневним и годишњим варијацијама, како на њиховој површини тако и у појединим слојевима њихових атмосфера.

За проучавање топлотних појава на Земљи, као и на другим планетама, дужина дана није пресудна наго количина топлоте коју Сунце, док је над хоризонтом дотичног места, упућује на тај део Земљине површине. Због тога није погодна календарска подела тропске године<sup>1</sup> на летњу и зимску полугодину, тј. на временске периоде који протекну између два тренутка у којима се Сунце нађе у равни небеског екватора, дакле између две равнодневнице.

Из тог разлога је Миланковић поделио тропску годину на две једнаке половине. Прва од њих обухвата све оне узастопне дане у години за време којих је осунчавање посматраног упоредника јаче него у ма ком дану оне половине. Таква подела може да се изведе за све зоне на Земљи, изван тропске, дакле за оне које долазе у обзир за изучавање појаве ледених доба. Ти делови се зову КАПОРИЧНА ЛЕДЕНА ДОБА. Њихово трајање је стално и износи  $182^{\text{д}}14^{\text{ч}}54^{\text{м}}$ . Једно се зове ЛЕТЊА КАПОРИЧНА ПОЛУГОДИНА, а друго ЗИМСКА КАПОРИЧНА ПОЛУГОДИНА. Одредимо ли за сваку годину њихове почетке и завршетке и ако израчунамо топлотне количине,  $Q_s$ ,  $Q_w$ , које Сунце упућује у току њих на

<sup>1</sup> Тропска година је временски размак који протекне између два узастопна пролаза Сунца кроз пролећну тачку и износи  $365,24219^{\text{д}}$  или  $365^{\text{д}} 5^{\text{ч}}48^{\text{м}} 45^{\text{с}}$ .

посматрану географску ширину, тада можемо да их упоредимо и сазнамо какве су секуларне промене осунчавања. Миланковић је закључио да се та количина осетно мењала у току прошлих векова за сваку од одабраних географских ширина и то у толикој мери да није било никакве сумње да су се оне морале испољити у слици климе на Земљи.

Основна претпоставка из свега тога је проистекла да секуларну промену осунчавања на уоченој географској ширини треба представити као фиктивну промену географске ширине. Осцилаторне варијације су ишле и према северу и југу, између доста широких граница. Нпр., за  $65^\circ$  оне су лежале размакнуте за више од  $20^\circ$  осматрано по географској ширини. Те промене нису правилне природе - имају различиту периоду и различите амплитуде. Та неправилност проистиче из чињенице да настају као последица секуларних промена трију независних астрономских елемената, а ове су опет проузроковане привлачним дејством Сунца, Месеца и свих великих планета од којих свака има друго време обилажења око Сунца.

Миланковић је 1930. године израчунао дугопериодичне промене улазног Сунчевог зрачења за 600 000 година пре 1800.-те године користећи Мишковићеве резултате за секуларне варијације Земљиних орбиталних елемената. За разлику од Миланковића, који је добио податке за сваких  $10^\circ$  географске ширине, између  $25^\circ$  -  $75^\circ$  северне и  $25^\circ$  -  $75^\circ$  јужне ширине, Шараф и Будњикова су израчунали исто за  $65^\circ$  северне ширине уз раније наведене измене. Миланковић је још претпоставио да ледена доба одговарају временским размацима у којима високе северне ширине добијају минимум летњег Сунчевог зрачења. Да би проверили Миланковићеву теорију Б. Салцман и А. Вернекар (1971а) изабрали су два екстремна услова за

инсолацију у току летње полугодине на  $60^\circ$  северне географске ширине за време од 50 000 прошлих година. Максимум инсолације је добијен на 10 000 година, а минимум на 25 000 година пре данашњице. Користећи свој модел за земаљско-океанско-атмосферски систем израчунали су (Салцман и Вернекар, 1971б) површинску температуру, површински зонални ветар и разлику између испаравања и падавина. Закључили су да проблем побуђивања и настанка ледених доба и даље остаје нерешен.

#### САДРЖАЈ ВЕРНЕКАРОВЕ КЊИГЕ

Геолози упоређују палеоклиматске податке са хронологијом зрачења да би резултате користили за сачињавање временске скале палеоклиматских догађаја и да би је применили за тумачење њиховог порекла.

Из тих разлога је и поново израчунато оно што је урадио Миланковић за 2 000 000 година пре данашњице, како би се на основу тога могла израчунати главна ледена и међуледена доба у плеистоцену, а на основу различитих временских скала предложених за квартар, и да би могла да се предвиде и будућа залеђавања. У "ДУГОПЕРИОДИЧНИМ ГЛОБАЛНИМ ВАРИЈАЦИЈАМА УЛАЗНОГ СОЛАРНОГ ЗРАЧЕЊА" је хронологија продужена за 100 000 година у будућност.

Позивајући се на Миланковића, Сунчево зрачење је израчунато за две једнаке половине године, тако да је топлота примљена у току било ког дана у летњој калоричниј полугодини била већа од оне која је примљена у току било ког дана у зимској калоричној полугодини. Овакав начин поделе године на два једнака временска периода са максималним контрастом у осунчавању у многоне олакшавају упоређивање између осунчавања и одзива система

Земља - океан - атмосфера из једног геолошког периода са оним из неког другог.

Таква рачунања су изведена за сваких 5° географске ширине, идући од једног пола ка другом, у временским размацима од по 1 000 година, при чему су коришћена Брауверова и Фан Веркова решења са поправкама које су сачинили Шараф и Будњикова и још тачнијих образаца за прецесију и нагиб, које су, такође, извели Шараф и Будњикова. Провере секуларних варијација Земљиних путањских елемената, на појединим местима у простору убедили су аутора да су идентичне са онима кије су добили Шараф и Будњикова. На овом месту треба да се напомене да се резултати добијени у овој књизи, помоћу нових образаца, за прецесију и нагиб знатно разликују од оних који су дати у ранијим радовима који су били засновани на Лапласовим формулама. Сва израчунавања су обављена на рачунару UNIVAK 1108.

#### УВОД (стр. 1 - 2)

Аутор даје кратак историјски преглед настанка проблема осунчавања. У њему се спомињу имена наших научника и то: Милутин Миланковић седам пута, а Војислав Мишковић три пута. Цитирани су још: Пјер Симон Лаплас, Вилијем Хил, Дерк Бауер, А. Фан Верком, С. Г. Шараф, Н. Будњикова, У. Брекер, Џ. Фан Донк, У. Селерс, Б. Салцман, А. Вернекар, Е. Лоренц, Џ. Холовеј Јуниор, С. Манабе и В. Курихара, који су објавили радове са сличном темом.

#### ПРОМЕНЕ У ЗЕМЉИНИМ ПУТАЊСКИМ ЕЛЕМЕНТИМА И ПРЕЦЕСИЈА (стр. 2 - 5)

После тригонометријских образаца за секуларне неједначине, ексцентрицитет

( $e$ ), лонгитуде перихела ( $P'$ ), нагиб ( $\gamma$ ), у односу на инваријабилну раван лонгитуде улазног чвора ( $\Theta$ ), у инваријабилној равни, дата је таблица бројчаних константи за Браувер - Веркамово решење уз Шараф - Будњиковине поправке. Користећи ово израчунате су варијације ексцентрицитета за предходних 4 000 000 година са временским размацима од по 1 000 година. Резултати су приказани графички на по два и два графика на целој страни 4. Прва два дају промене ексцентрицитета Земљине путање у току времена и то: први, од 2 000 000.-те године до данас (за епоху 1950.0), а други од 4 000 000.-те године до 2 000 000.-те године до данашњице. Ексцентрицитет се на њима мења од минималне вредности врло блиске нули за 534 000.-ту годину, до максималне од 0,061 коју је достигао 2 777 000.-те године. Просечна периода је за последњих 4 000 000 година била око 93 000 година.

Користећи Њукомову константу за прецесију  $\tau = 54,9066$  и Њукомову константу,  $P_0 = 17,3919$ , која зависи од Сунчевих података у раду су наведени обрасци за нагиб ( $\epsilon$ ) и укупну прецесију ( $\psi'$ ), онако како су их извели Шараф и Будњикова. Опет су израчунате варијације у нагибу за последња 4 000 000 година, са временским размацима од по 1 000 година и приказане на целој страни 6. Затим су дата по два и два графика и то: прва два од 2 000 000.-те године до данас, а друга два од 4 000 000.-те до 2 000 000.-те године и то за временске интервале од по 1 000 година. Као што се може видети нагиб се мењао само од  $24,51^\circ$  до  $22,10^\circ$  за последњих 4 000 000 година, са просечном периодом од 41 000 година. Укупна прецесија ( $\psi'$ ) коришћена је за израчунавање лонгитуде перихела ( $P$ ), засноване на покретној пролећној тачки, тј.  $P = P' + \psi'$ .

Промене улазног зрачења зависе од величине

$$\Delta(e \sin \Pi) = e \sin \Pi - e_0 \sin \Pi_0,$$

где индекс нула означава вредност за епоху 1950.0. На исту епоху се односе и сви остали коришћени подаци, ако није другачије наведено. Цела страна 7, као и раније слике, даје по два и два графика: прва два од 2 000 000.-те године до данас, а друга два од 4 000 000.-те до 2 000 000.-те године са временским интервалима од по 1 000 година. Просечна периода је 21 000 година.

#### МИЛАНКОВИЋЕВА ТЕОРИЈА ЗА СЕКУЛАРНЕ ВАРИЈАЦИЈЕ У УЛАЗНОМ ЗРАЧЕЊУ (стр.5 - 9)

Наведени одвојено, обрасци за Сунчево зрачење на површини атмосфере ( $R$ ) у зависности су од географске ширине и времена, за било коју тачку на Земљи, како за арктичке тако и за антарктичке области. У првом случају Сунце се рађа и залази, а у другом је или стално над хоризонтом или стално под њим.

Укупно осунчавање ( $R_c$ ) у току астрономске летње полугодине добијено је интеграцијом по  $\lambda$ , између пролећне ( $\lambda = 0$ ) и јесење равнодневнице ( $\lambda = \pi$ ), а центрирано за летњи солстициј. Слично је и укупно осунчавање  $R_w$  за зимску полугодину израчунато интеграцијом по  $\lambda$  од јесење равнодневнице ( $\lambda = \pi$ ) до пролећне ( $\lambda = 2\pi$ ), центрирано за зимски солстициј. И у овом случају постоје две врсте образаца: за неарктичке и за поларне зоне.

Трајање астрономског лета ( $T_s$ ) и астрономске зиме ( $T_w$ ) у многоме зависе од ексцентрицитета и лонгитуде пери-

хела, а и нису једнаке. Због тога је Миланковић увео калоричне полугодине (онако како смо рекли у одељку 1. или Историјском прегледу до Вернекаровог дела). Вернекар даје обрасце за кумулативно осунчавање за летњу калоричну полугодину ( $Q_s$ ) и зимску калоричну полугодину ( $Q_w$ ) и то за северну, засебно јужну полулопту ( $Q_s$ ) и ( $Q_w$ ) као и њихова одступања од вредности за садашњицу:  $\Delta Q_s$ ,  $\Delta Q_w$ ,  $\Delta Q_s$ ,  $\Delta Q_w$ . При томе користи  $C = 1,95$  ланглеја у минути као просечну вредност за СОЛАРНУ КОНСТАНТУ. За дужину тропске године узима  $T = 525\,949$  минута. Све добијене резултате је поделио са 182,62 дана да све то изрази у ланглејима на дан.

#### ЛИТЕРАТУРА (стр. 9 - 10)

Наведено је 25 радова међу којима су два Миланковићева (из 1920. и 1930. године) и један Мишковићев из 1931. године. Занимљиво је да се не наводи "Канон осунчавања Земље" (1941). Ступио сам у "E-mail" везу са А. Д. Вернекаром и питао га зашто га је изоставио. Одговор је био: "Превидео сам га" (!?!) "поред других штампарских грешака у овом делу".

#### СЛИКА 4. (стр. 11 - 20)

На стр. 13 до 20 дат је графички приказ глобалних варијација улазног зрачења, тј.  $2\Delta Q_w/T$ ,  $2\Delta Q_s/T$ ,  $2\Delta Q_w/T$ ,  $2\Delta Q_s/T$  у зависности од времена. Горња половина стране приказује промене у зрачењу за северну зимску калоричну полугодину, док доња половина даје промене у зрачењу за северну летњу калоричну полугодину и за зимску калоричну полугодину на јужној полулопти, изражено у ланглејима на дан, а у зависности од времена које је израже-

но у хиљадама година. Временска скала се пружа од 1 000 000.-те године пре 119 000.-те године после данашњице (за епоху 1950.0).

Приликом овог рачунања нису узете у обзир никакве промене у Сунчевом зрачењу које изазивају васионски или астрофизички узроци. Напоменуто је како се мења соларна константа  $S$ .

Даље се говори и о могућим варијацијама у вредности гравитационе константе зато што се сјај Сунца по неким теоријама доводи у везу са њом. Каже се да је сразмерна са њеним седмим степеном. Међутим, за ову анализу су те величине занемарљиве.

ТАБЕЛА А.

ТАБЕЛА Б. (стр. 23 - 128)

Ове табеле обухватају девијације Сунчевог зрачења (у ланглејима на дан) и њихове вредности за епоху 1950,0, а у зависности од географске ширине. Дато је за временске интервале од по 1 000 година, почев од 2 000 000.-те године пре данашњице до 119 000 година после данашњице.

ТАБЕЛА А. приказује зимску калоричну полугодину за северну и летњу калоричну полугодину за јужну Земљину полулопу.

ТАБЕЛА Б. даје летњу калоричну полугодину за северну и зимску калоричну полугодину за јужну хемисферу. Обе табеле приказују улазно зрачење. Апсолутни интензитет Сунчевог зрачења може да се добије за било који датум у наведеном временском размаку алгебарским сабирањем вредности у било којој од те две табеле са садашњом вредношћу укупног интензитета

зрачења за сваку географску ширину дату у Табели 2. на стр. 9.

Занимљиво је да се напомене да од стр. 22 на постоји никаква пагинација.

#### БИОГРАФИЈА АНАНДУ Д. ВЕРНЕКАРА

Рођен је 5. јула 1932. године у месту Хусалг у Индији, на око 500 km јужно од Бомбаја. Године 1959. је магистрирао из статистике на Универзитету у Пуни у Индији, а 1963. је докторирао из метеорологије на истом Универзитету.

Од 1967. до 1969. радио је као истраживач у Тревелерсовом истраживачком центру. Од 1969. до 1973. био је доцент, а од 1973. до 1979. ванредни професор за метеорологију на Мерилендском Универзитету у Колеџ Парку. Од 1979. до 1. јула 1999. био је редовни професор на Одсеку за метеорологију на истом Универзитету. Од тада је у пензији.

У међувремену учествовао је оквиру научне размене у Краљевском холандском метеоролошком институту у Де Билту, затим на Академији наука СССР у Москви и на Државном хидролошком институту у Лељинграду.

Члан је Америчког метеоролошког друштва и Америчке геофизичке уније.

Био је ментор у 10 доктората и 15 магистратура. Држао је бројна предавања о климатском моделовању и о климатском варијабилитету, нпр., у Келну, Лувен-ла-Неву, Стокхолму, Москви, Лењинграду, Пуни и Њу Делхију.

ЛИТЕРАТУРА

- BROWER D. & VAN WOERKOM 1950: The secular Variations of the orbital elements of the principal planets. *Astronomical Papers American Ephemerides*, Part 2, Vol. 13, Government Printing Office, 83-107.
- HILL G. W. 1897: On the eccentricities and longitudes of the perihelia of Jupiter and Saturn, for distant epochs. *Astron. J.*, 17, 81-87.
- MILANKOVITCH M. 1920: *Theorie Mathematique des Phenomenes Thermiques Produits par la Radiation Solarie*. Gautier-Villars, Paris, 339 p.
- MILANKOVITSCH M. 1930: *Mathematische Klimalehre und astronomische Theorie der Klimaschwankungen*. I, Theil A, *Handbuch der Klimatologie*, Borntraeger Verlag, Berlin, 176pp.
- MILANKOVITSCH M. 1941: *Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblm*. SKA, spec. izdanje, 132, Beograd.
- MICHKOVITSCH V. 1931: *Secular Variations in Astronomical Elements of Earth's Orbit*. Glas SKA, 143, First Class, N70, Beograd.
- SALTZMAN B. & VERNEKAR A. D. 1971a: An equilibrium solution for the Axially-Symmetric component of the Earth's Macroclimate, *J. Geophysical Res.* 76, 1498-1524.
- SALTZMAN B. & VERNEKAR A. D. 1971b: Note on the effects on Earth Orbital Radiation Variations on Climate. *J Geophys. Res.*, 76, 4195-4197.
- SHARAF S. G. & BUDNIKOVA N. A. 1967: Secular variations of elements of the Earth's orbit which influence the climates of the geological past. *Tr. Inst. Teor. Astron.*, 11, 231-261.
- STOCKWELL J. N. 1875: *Memoir on the secular variations of the elements of the orbit of the eight principal planets*. *Smithonian Contrib. Knowledge*, N<sub>o</sub>232, 200 pp.
- VERNEKAR A. D. 1972: Long-period global variations of incoming solar radiation. *American Meteorological Society*, 12, N<sub>o</sub> 34, pp.128.



Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 199 - 208, Београд

## ПОРЕМЕЋАЈИ ПАРАМЕТАРА РОТАЦИЈЕ И САВРЕМЕНА КЛИМАТСКА КОЛЕБАЊА У СРБИЈИ

Владан Дуцић

Географски факултет, Студентски трг 16, Београд

### УВОД

У склопу истраживања које смо спровели у циљу идентификације природне основе колебања климе у XX веку у Србији, обухватили смо и ротационе параметре.

Шта се подразумева под ротационим параметрима? Ротациони режим Земље карактерише више параметара, пре свега угаона брзина и положај осе ротације.

### ДЕФИНИСАЊЕ ИСТРАЖИВАНОГ ПРОБЛЕМА

Искористимо географски систем Декартових координата. Координатни почетак сместимо у центру масе Земље, а осе усмеримо на следећи начин:

- $Ox_3$ , дуж средње осе ротације Земље;
- $Ox_1$ , у тачку пресека екватора и Гриничког меридијана и
- $Ox_2$ ,  $90^\circ$  источно од  $Ox_1$ .

Вектор тренутне угаоне брзине ( $\omega$ ) ротације Земље, можемо разложити по тим осама на три компоненте:

- $\omega_3$ , усмерену дуж осе  $Ox_3$  која представља тренутну брзину ротације и
- $\omega_1$  и  $\omega_2$ , усмерене дуж оса  $Ox_1$  и  $Ox_2$  које одређују координате тренутног пола.

Вектор  $\omega$  није стационаран и промене компоненте  $\omega_3$  се испољавају као колебања брзине ротације, док промене  $\omega_1$  и  $\omega_2$  представљају померање полова.

Ради међусобне упоредивости потребно је ове размерне елементе трансформисати у безразмерне компоненте (Сидоренков, 1988) и то тако да је:

$$V_1 = \frac{\omega_1}{|\omega|} \quad V_2 = \frac{\omega_2}{|\omega|} \quad \text{и}$$

$$V_3 = \frac{\omega_3 - \Omega}{\Omega}$$

$\Omega$  - кружна фреквенција, која одговара атомском дану ( $\Omega = 2\pi/86400s$ ).

где је:

$|\omega|$  - модул вектора угаоне брзине ротације Земље;

Овако добијени подаци за све три компоненте Земљине ротације дати су у Табели 1 за покретне десетогодишње вредности на основу изворних података Сидоренкова, за период 1891 - 1985. године.

Табела 1: Релативна промена ротационих параметара

Декада	$V_1 \cdot 10^9$	$V_2 \cdot 10^9$	$V_3 \cdot 10^{10}$	Декада	$V_1 \cdot 10^9$	$V_2 \cdot 10^9$	$V_3 \cdot 10^{10}$
1891/1900	-69.5	94.6	-144	1941/1950	342.1	-607	-158
	-59.8	81.5	-195		362	-608	-156
	-52	69.9	-245		371.2	-617	-152
	-42.8	57.3	-291		373.7	-629	-147
	-35	41.3	-331		370.8	-640	-143
	-31.1	23.4	-365		366.5	-654	-138
	-26.7	7.4	-393		360.7	-675	-131
	-21.3	-9.1	-416		355.9	-702	-128
	-15.5	-29.9	-435		349.6	-731	-128
	-14.5	-58.1	-449		338.9	-764	-127
1901/1910	-16.5	-86.7	-457	1951/1960	322.9	-798	-128
	-16.5	-114	-455		307.8	-830	-129
	-17.9	-145	-446		297.1	-859	-130
	-20.8	-178	-433		288.3	-892	-134
	-22.3	-211	-419		279.1	-928	-144
	-17.9	-240	-404		268.9	-960	-156
	-11.6	-271	-388		253.9	-992	-174
	-6.8	-303	-369		231.6	-1024	-189
	2.4	-327	-348		197.5	-1049	-200
	19.4	-337	-325		166	-1070	-216
1911/1920	44.1	-339	-304	1961/1970	141.1	-1087	-233
	72.2	-343	-285		120.1	-1109	-251
	104.6	-344	-267		102.1	-1132	-273
	140	-341	-250		89.9	-1150	-294
	169.6	-338	-231		82.6	-1166	-305
	195.3	-337	-211		78.2	-1180	-312
	212.7	-337	-190		77.5	-1192	-318
	229.2	-332	-167		78.9	-1203	-322
	241.4	-333	-146		89	-1220	-328
	247.7	-352	-124		96	-1240	-330
1921/1930	247.3	-384	-103	1971/1980	100	-1255	-326
	235.2	-419	-82.1		106.6	-1269	-321
	219.2	-456	-62.6		115.8	-1284	-309
	198.3	-497	-44.9		122.9	-1304	-300
	178.9	-535	-29.7		127.5	-1323	-288
	160	-572	-18		131.1	-1341	-274
	147.9	-599	-11.4				
	143	-630	-10.3				
	139.1	-658	-14.2				
	137.6	-677	-21.8				
1931/1940	137.1	-688	-32.3				
	144.4	-690	-45.6				
	156.1	-683	-61.1				
	171.1	-669	-78				
	192.9	-656	-94.9				
	216.6	-644	-112				
	241.8	-636	-127				
	264.6	-625	-140				
	289.3	-616	-151				
	315.5	-609	-157				



## МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА И ДОБИЈЕНИ РЕЗУЛТАТИ

Полазећи од радне претпоставке да је варијабилност климатских елемената на међугодишњем нивоу велика и да је немогуће уочити доминантне факторе колебања, применили смо метод покретних средњих вредности за  $n = 10$  година са кораком од једне године.

Испитивали смо коефицијент корелације средње годишње температуре и годишње суме падавина за Београд као станице са најдужим низом, са ротационим параметрима за период 1891 - 1985. године.

Валидност добијених вредности коефицијента корелације ( $R$ ), испитивана је Студентовим тестом. Резултати корелационе анализе су приказани у Табелама 2 и 3.

Табела 2: Резултати корелационе анализе за средњу годишњу температуру у Београду (п. с. в. 10)

ротациони параметар	коефицијент корелације	коефицијент детерминац.	Студентов 0.5%	тест 0.1%
$V_1$	0.83	0.69	+	+
$V_2$	-0.64	0.41	+	+
$V_3$	0.48	0.23	+	+

Табела 3: Резултати корелационе анализе за годишњу суму падавина у Београду (п. с. в. 10)

ротациони параметар	коефицијент корелације	коефицијент детерминац.	Студентов 0.5%	тест 0.1%
$V_1$	0.28	0.076	+	+
$V_2$	-0.61	0.377	+	+
$V_3$	0.24	0.059	+	-

Као што се види из Табела 2 и 3 највеће вредности  $R$  су забележене између компоненте  $V_1$  ротације и средње годишње температуре у Београду од 0,83. И са осталим параметрима ротација  $R$  је висока, што указује на очиту повезаност између температура у Београду и параметара ротације.

На то указују и графикони бр. 1 и бр. 2 на којима су упоредо приказане промене компоненте  $V_1$  и промене температуре у Београду. Најниже вредности за оба елемента су биле на почетку периода - крајем девтна-

естог и почетком двадесетог века. Четрдесетих година двадесетог века оба елемента достижу максималне вредности, а након тога су оба у паду. Пад за средњу годишњу температуру Београда је слабије изражен, могуће због раста урбаног острва топлоте.

## ТУМАЧЕЊЕ РЕЗУЛТАТА

Говорећи о геофизичким факторима колебања климе са палеоклиматског аспекта, Борисенков (1988) наводи да угаона брзина ротације има одлучујући утицај на циркулацију атмо-

сфере и океана. Она скреће ваздушна струјања и морске струје десно од линије градијента притисака на северној хемисфери и улево на јужној хемисфери. Тим ефектом је у основи и одређена зоналност климе. Брзина распрострањања дугих и ултрадугих таласа, формирање млазних ветрова са пратећим инерционим таласима, пасатна циркулација,

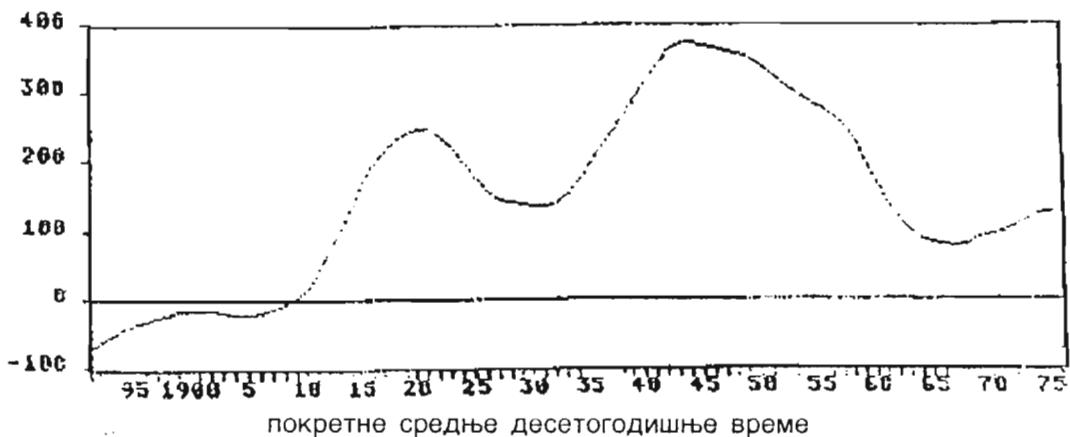
циркулација Светског океана су, такође, у вези са брзином ротације.

Повећање брзине ротације повећава зоналност климе, односно контрасте између виших и нижих ширина. Наравно, ту се мора узети у обзир утицај меридионалних процеса који изједначају ширинске контрасте.

Графикон бр. 1: Промене средње годишње температуре у Београду.



Графикон бр. 2: Релативне промене  $V_i$  параметра ротације.



Због гравитационог привлачења Месеца присутан је вековни тренд успоравања ротације. Пре око четири милијарде година дужина дана је износила 4-5 h, а растојање до Месеца око 15 000 km. У средњем де-

вону година је трајала  $400 \pm 7$  дана, а у пенсилванском периоду или горњем карбону 385 - 390 дана, док је дужина дана била око 22 h. Кроз  $5 \times 10^{10}$  година периоди ротације Земље и орбиталног кретања Месеца

ће бити једнаки и износиће 47 Земљиних дана (Веклич, 1987).

Нема никакве сумње да су промене параметара ротације, пре свега угаоне брзине, у целој геолошкој историји биле значајан палеоклиматолошки фактор.

Колико износе савремене промене брзине ротације настале као последица гравитационог утицаја Месеца? По Борисенкову (1988) тренд износи  $1''$  у току 10 - 50 000 година. По подацима Куликова (1977) средњи пол се креће по елипси чија је средња дужина веће полуосе  $0'',088$ , а мање  $0'',075$ . Пребачено у линеарне вредности то износи 2,7, односно 2,3 m, при чему је већа полуоса померена  $7,5^\circ$  на запад од Гринича. Угаона брзина кретања пола по елипси се мења од  $31,6^\circ$  до  $40^\circ$  у току 0,1 године.

Положај средњег пола се у периоду од 1891 - 1966. године померио за 7,5 m по меридијану  $75^\circ$  западне дужине (Куликов, 1977).

Могу ли, дакле, ове несумњиво мале промене параметара ротације имати било какав утицај на колебање савремене климе? Наравно да не. Међутим, статистика ипак показује да би између ових појава могла постојати веза.

У истраживању могуће физичке везе између колебања температуре у Београду и промена компоненте  $V_1$  ротације, мора се прво поћи од могућих узрока промена параметара ротације.

Између већег броја хипотеза, почев од оних које казују да су промене параметара ротације последица унутрашњих процеса у Земљином језгру

па до оних које су везане за утицај Сунчеве активности, пажњу су нам привукле оне које се везују за утицај промена у самом климатском систему у ширем смислу речи.

У последњих 100 година, колебања термичких услова довела су до битних промена у расподели водених маса на нашој планети. Као последица смањења количине воде на копну, континенти су постали лакши за  $11\ 000\ \text{km}^3$ . Смањење масе воде у поларним пределима, као последица регресије ледника је реда величине  $15\ 000\ \text{km}^3$ .

Сва та маса воде је допрла у Светски океан и требало би да буде равномерно распоређена. Међутим, скоро 70% површине океана налази се на ширинама од  $0 - 40^\circ$ , из чега следи да се у тим подручјима маса воде повећала за више од  $17\ 000\ \text{km}^3$ .

На тај начин, у периоду "глобалног отопљавања", као резултат премештања водених маса из поларних и средњих ширина у тропска подручја дошло је до поремећаја расподела маса на Земљи. По мишљењу Клигеа (1985) то се морало одразити на поремећаје параметара Земљине ротације. Сидоренков (1982) је утврдио да прерасподела воде између Светског океана и леденог покривача на Земљи мења компоненте тензора инерције Земље, што је у тесној вези са променама брзине ротације и померањем полова. Повезаност ових појава омогућава коришћење података о аномалијама брзине ротације као показатеља интегралних карактеристика прерасподеле водених маса на Земљи.

При томе, промене брзине ротације могу бити искоришћене за процену

динамике запремине вода океана, а померање полова може да укаже на територију на којој се у одређеном моменту одвија најинтензивније кружење воде.

Мирошниченко (1981), у склопу разматрања о утицају Сунчеве активности на Земљу, говори и о поремећајима брзине ротације. Сматра да су промене брзине ротације у тесној вези са циркулацијом океана и атмосфере. На 88. страници дословце каже:

*Тако се може сматрати практично доказаним да су сезонске варијације у брзини ротације Земље последица промене зоналне циркулације атмосфере у току године.*

Аутори студије "Колебање климата за последњих хиљаду година" (1988) изнели су становиште да је основни фактор вишегодишњих промена брзине ротације прерасподела воде на Земљи преко атмосферске циркулације, која је са своје стране везана за Сунчеву и вулканску активност и друге факторе. Сидоренко (1983) је користио класификацију Хирс - Вангенхајма и утврдио да постоји веза између аномалија форме циркулације  $S$  са одступањем дужине трајања дана. Наводи се да је коефицијент корелације 0,8. Чак се даје прогноза будућих трендова циркулације на основу тренда брзине ротације.

#### ЦИРКУЛАЦИОНА (АТМОСФЕРСКА) ХИПОТЕЗА КОЛЕБАЊА ПАРАМЕТАРА РОТАЦИЈЕ

Извршимо рекапитулацију чињеница са којима располажемо у покушају да утврдимо реалност везе између промена температуре у Београду и

промена  $V_1$  параметра Земљине ротације:

- математичко - статистички апарат указује да постоји јака веза између ових појава ( $R = 0,83$ );

- упоредна графичка анализа тока промена оба елемента указује на подударане периода екстремних вредности;

- постоји несумњива палеоклиматолошка потврда утицаја промена параметара ротације (пре свега  $V_3$  компоненте) на климу појединих геолошких епоха;

- промена параметара ротације у последњих стотинак година су незнатне и не могу бити узрок колебања климе;

- хипотеза Сидоренкова указује на могући узрок колебања параметара ротације; прерасподела еквивалентне масе воде ( $EMV$ ) између криосфере, атмосфере и океана мења компоненте тензора инерције Земље, што узрокује поремећаје параметара ротације.

Ако прихватимо ову хипотезу као основу за даља размишљања, онда је општа циркулација атмосфере једина која може да објасни сличност између тока поремећаја  $V_1$  компоненте ротације и колебања температуре у Београду. Општа циркулација атмосфере је та која прерасподељује воду на Земљи и изазива промене термичког режима утичући тако на поремећаје параметара ротације.

Да бисмо проверили могућност да ли промене у општој циркулацији атмосфере могу изазвати поменуте

ефекте, у прорачуне смо укључили следеће параметре:

а - промене доминантних типова циркулације на северној хемисфери по подацима Кононове (1981); Кононова користи поделу Дзедзеревског на три основна типа циркулације: зоналну, меридионалну северну и меридионалну јужну. Мада има малих помераја у фази, она идентификује ове типове циркулације пре свега као термичке, а меридионално северну описује као негативно одступање температуре, зоналну као позитивно док меридионално јужну описује као колебање око средње вредности.

Меридионално северни тип се по Кононовој завршава у декади 1911 - 1920., а смењује је зонални тип, закључно са декадом 1951 - 1960., након чега је отпочео меридионално јужни тип (подаци до 1981. године).

Свака од ове три епохе представља доминантни тип струјања у том периоду и има га смисла приказати само као декадне вредности. То је утицало да се и остали параметри прикажу као декадни (Табела 4). Свакој декади смо приписали одређени знак, зависно од типа циркулације који преовлађује према класификацији Кононове.

Табела 4: Динамика декадних вредности параметара

декада	релативна ротација (г. ш.) V <sub>1</sub>	промене параметра (г. д.) V <sub>2</sub>	брзина ротације V <sub>3</sub>	еквивалентна маса воде Гренланд -299	типови циркулације с.хем.	одступање декадне температуре с.хем.	одступање декадне температуре Београд
1891/1900	-69.5	94.6	-144	-299	-1	-0.17	-0.4
1901/1910	-16.5	-86.7	-457	-574	-1	-0.22	-0.4
1911/1920	44.1	-339	-304	-1806	-1	-0.13	-0.3
1921/1930	247.3	-384	-103	-3170	1	0.14	0.1
1931/1940	137.1	-688	-32.3	-3481	1	0.26	-0.1
1941/1950	342.1	-607	-158	-3490	1	0.21	0.5
1951/1960	322.9	-798	-128	-3860	1	0.17	0.3
1961/1970	141.1	-1087	-233	-3647	0	0.01	0.2
1971/1980	100	-1255	-326	-3704	0	0.06	0.1

б - декадне вредности средње годишње температуре Београда (1891-1980);

в - декадне вредности температуре северне хемисфере (Виников, 1980);

г - промене EMV на Гренланду (Сидоренков, 1988).

Вредности промене EMV су добијене као изведене вредности на основу система алгебарских једначина са константним коефицијентима:

$$V_1 \cdot 10^{11} - 541\varphi_{KM} = 11241\varphi_{OK} + 309\varphi_{AH} - 1278\varphi_{GR} - 9730\varphi_{KO}$$

где је:

V<sub>1</sub> - компонента ротације дуж осе OX<sub>1</sub>;

ϕ<sub>KM</sub>, ϕ<sub>OK</sub>, ϕ<sub>AH</sub>, ϕ<sub>GR</sub>, ϕ<sub>KO</sub> - промене еквивалентне масе воде у G/cm<sup>2</sup> за Каспи-

јско море, Светски океан, Антарктик, Гренланд и копно.

Резултати корелационог прорачуна дати су у Табели бр. 5.

Табела 5: Резултати корелационе анализе

	$V_1$	$V_2$	$V_3$	тип цирк.	е.м.в. Грен.	темп. с.х.
тип цирк.	0.893	-0.48	0.704	*	*	*
темп. с. х.	0.835	-0.56	0.720	0.971	-0.87	*
темп. Бгд.	0.920	-0.68	0.365	0.815	-0.87	0.78
е. м. в. Грен.	-0.81	0.866	-0.43	-0.83	*	*

Шта се може закључити на основу података из Табеле 5?

1) Највеће вредности  $R$  су за температуру северне хемисфере и поремећај параметра ротације - компоненту  $V_1$ ;

2) Истоветно је и са средњом годишњом температуром Београда, а вредност за  $R$  је још већа;

3) Термички услови северне хемисфере су одраз глобалне циркулације, што се могло и очекивати, мада је  $R$  неуобичајено висок, с обзиром да је само означавање типова циркулације на три вредности, без прелаза, математички "грубо";

4) Коефицијент корелације је нешто мањи између температуре Београда и типа циркулације, али је и даље доста висок;

5) Промена  $EMV$  на Гренланду је разумљиво у доброј вези са глобалним променама температуре северне хемисфере, а самим тим и са променама температуре у Београду;

6) Високе су вредности  $R$  за промене  $EMV$  Гренланда са променама типа циркулације;

7) Промене еквивалентне масе воде на Гренланду имају јак утицај на компоненту  $V_1$ , мада је утицај  $V_2$  нешто већи.

На основу свега изнетог може се претпоставити могући узрочно - последични низ:

- доминантни тип циркулације утиче на промене температуре северне хемисфере ( $R = 0,97$ );

- промена температуре северне хемисфере утиче на колебање  $EMV$  на Гренланду ( $R = - 0,87$ );

- промене  $EMV$  на Гренланду утичу на поремећаје параметара ротације ( $R$ : за  $V_1 = - 0,81$ ; за  $V_2 = 0,87$ );

- подударност између тока температуре северне хемисфере и  $V_1$  компоненте Земљине ротације ( $R = 0,84$ ) је последица чињенице да им је узрок исти - промене типа глобалне циркулације. При овоме промена типа циркулације детерминише температуру северне хемисфере директно, док на  $V_1$  делује посредно преко промене температуре и еквивалентне масе воде.

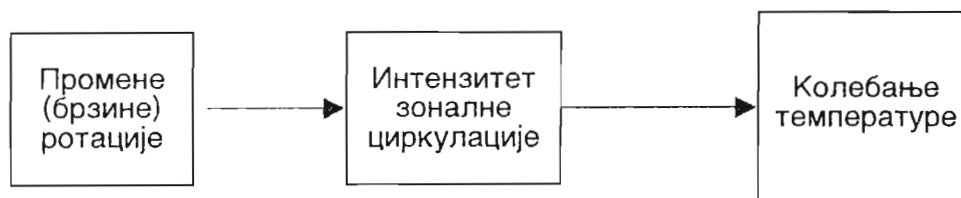
У склопу промена температуре на северној хемисфери изражене су и

промене температуре у Београду ( $R = 0,78$ ). По истој логици се може закључити да је сличност између промена средње годишње температуре Београда у периоду 1891 - 1980 и промене  $V_1$  компоненте Земљине ротације последица чињенице да им је узрок исти - промене типа глобалне циркулације атмосфере.

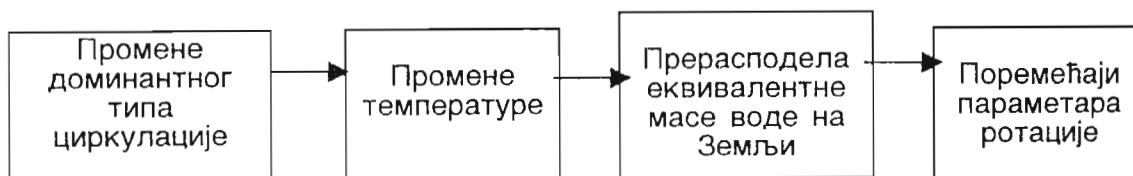
Постоји привидна нелогичност веза између промена параметара ротације и колебања климе у кратком, инструменталном периоду у односу на геолошке периоде. Она проистиче из чињенице да су у дугим геолошким периодима промене параметара ро-

тације (пре свега брзине) један од узрока промене климе, док у кратким временским "секвенцама" узрок и последица донекле мењају место и колебање климе (температура) узрокује колебање параметара ротације.

И у дугим геолошким епохама и "секвенцама" та узрочност је посредна и одвија се преко опште циркулације атмосфере у палеоклиматолошким димензијама, односно преко промена EMV у кратким периодима. Узрочно последични низ графички је приказан као блок схема и изгледа овако:



Док би за кратке "секвенце" узрочно - последични низ изгледао овако:



## ЗАКЉУЧАК

Промене параметара ротације ( $V_1$ ) и промене средње годишње температуре у Београду показују велики степен подударности (коэффициент корелације = 0,83). У дугим геолошким периодима промене параметара ротације (посебно брзине ротације) представљају значајан климатски фактор. Међутим, у посматраном периоду промене параметара ротације

су незнатне и не могу бити узрок промена температуре.

Прихватили смо хипотезу да прерасподела еквивалентне масе воде на Земљи утиче на поремећаје параметара ротације. У том смислу смо општу циркулацију атмосфере претпоставили као фактор који повезује поремећаје параметара ротације и промене температуре на Земљи. Наша хипотеза је обухватила у једну

целину промене типа доминантне циркулације на северној хемисфери, промену температуре северне хемисфере (и Београда) и промене еквивалентне масе воде на Гренланду.

На основу наших прорачуна закључили смо да је промена глобалног типа циркулације узрок промена температуре на северној хемисфери (и у Београду), да промене температуре узрокују промене еквивалентне масе воде (леда) на Гренланду, што узрокује промене параметара ротације.

Сличност између параметра  $V_1$  Земљине ротације и промене темпера-

туре у Београду, дакле, проистиче из чињенице да и на једно и на друго утичу промене глобалне циркулације; на температуру директно, а на промену компоненте  $V_1$  индиректно, преко промена температуре и прерасподеле еквивалентне масе воде.

Привидна апсурдност веза између промена параметара ротације и циркулације проистиче из чињенице да у дугим геолошким периодима промене параметара ротације утичу директно на циркулацију, док у кратким временским интервалима циркулације посредно делује на параметре ротације.

## ЛИТЕРАТУРА

- БОРИСЕНКОВ Е. П. и ПАСЕЦКИЈ В. М. 1988: Тисјечелтний летопис необјачајних јавлениј природи, Мислано, Москва.
- ВЕКЛИЧ М. Ф. 1987: Проблеми палеоклиматологији, Наукова думка, Киев.
- ВИННИКОВ К. Ј., ГРУЗА Г. В. и ЗАХАРОВ В. Ф. 1980: Современније изменениј климата северного полушариј, Метеорологија и гидрологија, 6/1980, Гидрометеоиздат, Ленинград.
- КЛИГЕ Р. К. 1985: Изменениј глобалного водообмена, Наука, Москва.
- ГРУПА АУТОРА 1988: Колебаниј климата за последнее тисјечелетие Гидрометеоиздат, Ленинград.
- КОНОНОВА Н. К. 1989.: Циркулјационније характеристики климатических екстремумов, зборник радова Палеоклимата позднеледниковиј и голоцена, Наука, Москва.
- КУЛИКОВ К. А. и СИДОРЕНКОВ Н. С. 1977: Планета Земла, Наука, Москва.
- МИРОШНИЧЕНКО Л. И. 1981: Солнечнаја активност и Земла, Наука.
- СИДОРЕНКОВ Н. С. 1982: Некоторые параметри глобалного водообмена по данним о вековом движении полјуса и неравномерности врашенија Земли, Водније ресурси, 3/1982., Наука, Москва.
- СИДОРЕНКО Н. С. и СВИРЕНКО П. И. 1983: К вопросу о многолетних колебаниих атмосферној циркулацији, Меторологија и гидрологија, 11/1983, Гидрометеоиздат, Ленинград.
- СИДОРЕНКОВ Н. С. и СВИРЕНКО П.И. 1988: Диагноз некоторых параметров глобалного водообмена по данним о неправилности врашенија Земли, Известија Академии наук, СССР, серија географическаја, 5/1988, Наука, Москва.,





Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 209 - 215, Београд

## МЕДАЉА "МИЛУТИН МИЛАНКОВИЋ"

Владо Милићевић<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Геоинститут, Ровињска 12, Београд

<sup>2</sup>Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, Београд

Од 1993. године Европско геофизичко друштво (European Geophysical Society или EGS) редовно додељује медаљу "Милутин Миланковић" за заслуге и достигнућа у областима као што су: проучавање климе Земљине прошлости (палеоклиматологија), климатско моделирање и орбитални утицаји на промену временске скале датирања. До сада је било шест добитника, а већ је познат и седми коме ће ово цењено признање бити додељено наредне 2 000. године у периоду од 25 - 29. априла на 25. генералној асамблеји у Ници (Француска). Са доста симболике звучи име сер Николаса Шеклтона, научника који је заједно са Џ. Хејсом и Џ. Имбријем (1976) објавио историјски рад под називом Variations in the earth's orbit: pacemaker of the ice ages којим је трајно потврђена Миланковићева генијалност, далековидост и, на крају, оно што је најважније целокупан животни опус презентован у виду криве осунчавања. У часопису Science исте године свету је на само 11 страница текста и

скица саопштено да је завршен велики петогодишњи пројекат CLIMAP и да његов коначан резултат представља непобитан доказ да се Миланковићеви циклуси осунчавања срачунати математичким путем у потпуности поклапају са резултатима њихових истраживања.

Од тада је прошло нешто више од две деценије, изведено је преко 30 најразличитих пројеката који су се на директан или индиректан начин ослањали на Миланковићеву теорију осунчавања, а свима је заједничко било да су Миланковића све више потврђивали и величали у свету науке.

Почев од 1975. године Европско геофизичко друштво (EGS) сваке године одржава своје редовне скупове. Увек је то у другом граду, претежно западноевропском. EGS покрива више научних области од којих су најзначајнији: геофизика Земље, геодезија, хидрологија, наука о океанима и атмосфери, соларно-терестричке науке, науке о планетарном и Сун-

чевом систему, нелинеарни процеси у геофизици, природни хазард итд. Из овог штурог набрајања лако је закључити да се EGS бави проучавањем свих медија (чврстих, течних и гасовитих), тј. литосфере, хидросфере и атмосфере. Друштво се у скоро две и по деценије свога постојања непрестано развијало, тако да данас броји преко 1 000 чланова.

Идеја о додели медаља EGS-а рођена је почетком деведесетих година двадесетог века. До сада је установљено 14 које носе име по познатим научницима: ХЕНРИ ДАРСИ, ЏОН ДАЛТОН, ЛУЈ НЕЛ, БЕНО ГУТЕНБЕРГ, ФРИТЈОФ НАНСЕН, ЈУЛИУС БАРТЕЛС, ДЕЈВИД РОБЕРТ БЕЈТС, ВИЛХЕЛМ БЈЕРКНЕС, ВЕНИНГ МАЈНЦ, ШТЕФАН МУЛЕР, ЛУЈ ФРИ РИЧАРДСОН, КЕЈТ РАНКОРН и СИРИЛ ФЛОРЕНСКИ (заједничка медаља), СЕРГЕЈ СОЛОВЈЕВ и МИЛУТИН МИЛАНКОВИЋ.

Од наведених медаља најдужу традицију има медаља "Милутин Миланковић", која се додељује се од 1993. године, а само је медаља "Дејвида Бејтса" установљена годину дана раније и до сада је уручена само два пута: 1994. и 1996. године. Ово потврђује колико EGS уважава нашег научника, тако да ни старији и у свету познати научници као што су, нпр., Џон Далтон (1760 - 1844) и Хенри Дарси (1803 - 1858) немају дужу традицију. Интересантно је зато погледати приложену Табелу 1.

У Табелу 1 нису унете медаље које су почеле да се додељују тек од 1998. и 1999. године као што су, нпр., медаље "Јулиуса Бартелса", "Сергеја Соловјева", "Венинга Мајнца", "Штефана Мулера", "Луја Фри Ричардсона" и да не набрајамо даље. Поједине медаље се додељују апериодично, што на неки начин

потврђује да области које заступају немају шири значај или су на неки начин предимензиониране. Такав је случај са наведеном медаљом "Дејвида Бејтса" или "Јулиуса Бартелса".

Миланковићеви савременици и сарадници какав је био Бено Гутенберг (1889-1960) или Вилхелм Бјеркнес (1862-1951) имају своје медаље, али са мањом традицијом од његове.

МЕДАЉУ "МИЛУТИН МИЛАНКОВИЋ" ЕВРОПСКО ГЕОФИЗИЧКО ДРУШТВО ДОДЕЉУЈЕ КОНТИНУИРАНО ОД 1993. ГОДИНЕ ДО ДАНАС. ЗА СВАКУ ГОДИНУ ПОСТОЈИ ВИШЕ КАНДИДАТА ШТО САМО ПОТВРЂУЈЕ КОЛИКО ЈЕ МИЛАНКОВИЋ АКТУЕЛАН, А ЊЕГОВ ДОПРИНОС РАЗВОЈУ СВЕТСКЕ НАУКЕ И ЧОВЕЧАНСТВА УОПШТЕ ОД НЕПРОЦЕЊИВОГ ЗНАЧАЈА.

Уколико се посети сајт на Интернету који репрезентује Европско геофизичко друштво са ознаком

[www.copernicu.org/EGS/EGS.html](http://www.copernicu.org/EGS/EGS.html),

тада је могуће отворити место са ознаком "Награде и медаље". У овом делу о Миланковићевој медаљи пише следеће:

### Milutin Milankovic Medal

(since 1993)

This medal has been established by the Section on Oceans & Atmosphere (OA) in recognition of the scientific and editorial achievements of Milutin Milankovic. This medal is reserved for scientists for their outstanding achievements in climatological sciences.

Или:

ТАБЕЛА 1 Медаље које додељује Европско геофизичко друштво са традицијом од три године и више година.

НАЗИВ МЕДАЉЕ	ГОДИНА ДОДЕЉИВАЊА							ДОБИТНИЦИ
	93	94	95	96	97	98	99	
"МИЛУТИН МИЛАНКОВИЋ"	*							Б. Болин
		*						А. Берже
			*					Џ. К. Дапlesi
				*				Л. Бенгтсон
					*			Ж. Жозел
						*		С. Манабе
							*	сир Н. Шеклтон
"ЛУЈ НЕЛ"		*						Ф. Стејси
			*					Ж. П. Порије
					*			Р. Бехлер
							*	Д. Џ. Данлоп
"БЕНО ГУТЕНБЕРГ"				*				Ф. Прес
					*			В. Червени
						*		М. Бат
"ФРИТЈОФ НАНСЕН"				*				А. Стригебрант
					*			Ф. Скот
						*		Џ. Ф. Минстер
							*	С. А. Ж. Ле Прово
"ВИЛХЕЛМ БЈЕРКНЕС"					*			Б. Џ. Хоскинс
						*		А. Елиасен
							*	Ж. С. Андре

**Медаља "Милутин Миланковић"**  
(додељује се од 1993. године)

Ова медаља је установљена од стране секције за Океане и атмосферу (ОА) као признање научним и

уређивачким достигнућима везаним за Милутина Миланковића. Ова медаља се додељује научницима за њихов допринос у климатологији.

Уколико се жели сазнати како EGS представља Миланковића, тада је

довољно означити место са именом нашег великана и добити следеће информације:

## Milutin Milankovic

Milutin Milankovic was born on May 28, 1879, at Dali near Osijek, in what was then Austria-Hungary.

He received a degree from the School of Civil Engineering in June, 1902, having submitted a project for a reinforced concrete bridge. His thesis, *Theorie der Druckkurven (Theory of Pressure Lines)*, was noted for its original approach; it was published in 1907, in the eminent German scientific, non-technical, review *Zeitschrift für Mathematik und Physik, Bd. 55*.

At the beginning of 1905, Milankovic took up practical work and joined the then famous firm of Adolf Baron Pittel Betonbau-Unternehmung in Vienna. He built dams, bridges, viaducts, aqueducts and other structures in reinforced concrete throughout the Austria-Hungary of the time. Milankovic continued to practice civil engineering in Vienna until the autumn of 1909 when he was offered the chair of applied mathematics (rational mechanics, celestial mechanics, theoretical physics) in Belgrade. The year 1909 marked a turning point in his life. Though he continued to pursue his investigations of various problems pertaining to the application of reinforced concrete, he decided to concentrate on fundamental research.

Turbulent events took place as soon as he had settled down in Belgrade when the Balkan Wars were followed by World War I. When World War I broke out (he was just married), he was interned in Nezsider and later in Budapest, where he was allowed to work in the library of the Hungarian Academy of Sciences. As early as 1912, his interests turned to solar climates and temperatures prevailing on the planets. Throughout his internment in Budapest he devoted his time to the work in this field and, by the end of the war, he had finished a monograph on the problem which was published in 1920, in the editions of the Yugoslav Academy of Sciences and Arts by Cauthiers-Villard in Paris, under the title *Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire (Mathematical theory of thermic phenomena caused by solar radiations)*.

The results set forth in this work won him considerable reputation in the scientific world, notably his *curve of isolation* at the Earth's surface. His solar curve was not really accepted until 1924 when the great meteorologist and climatologist Vladimir Köppen with his son-in-law Alfred Wegener, introduced the curve in their work *Klimate der geologischen Vorzeit (Climates of Geological Past)*. After these first tributes, Milankovic invited, in 1927, to cooperate in two important publications: the first was a handbook on climatology (*Handbuch der Klimatologie*) and the second a handbook on geophysics (*Guttenberg's Handbuch der Geophysik*).

For the former, he wrote the introduction *Mathematische Klimalehre und astronomische Theorie der Klimaschwankungen (Mathematical science of climate and astronomical theory of the variations of the climate)*, published in 1930 in German and in 1939 translated into Russian. Here the theory of planetary climate is further developed with special reference to the Earth.

For the second textbook, Milankovic wrote four sections developing and formulating his theory of the secular motion of the Earth's poles and his theory of glacial periods. Fully aware that his theory of solar radiation had been successfully completed and that the papers dealing with this theory were dispersed in separate publications, he decided to collect and publish them under a single cover. Thus, in 1941, on the eve of war in his country, the printing of his great work *Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem (Canon of Insolation of the Earth and Its Application to the Problem of the Ice Ages)* was completed, 626 pages in quarto, in Cemian, published in the editions of the Royal Serbian Academy. This work was translated into English under the title *Canon of Insolation of the Ice-Age Problem*, in 1969 by the Israel Program for Scientific Translations and published for the U.S. Department of commerce and the National Science Foundation, Washington D.C.

Objections were raised in the 50's against the Milankovic theory of ice ages;

these objections came mainly from meteorologists who claimed that the insulation changes due to the changes in the Earth's orbital elements were too small to perturb significantly the climate system. However, in the late 60's and 70's, investigation of the deep-sea sediments and theoretical works in celestial mechanics and climate modelling showed that Milankovitch's view was correct and that the astronomically induced change in insolation, received by the Earth from the Sun, indeed the primary cause for the waxing and waning of the Quaternary ice sheets.

In addition to his scientific work, Milankovic always showed great interest in the historical development of science. In addition to a textbook on the history of astronomy, he wrote two books on a popular level: *Through Space and Centuries* fictionalized the development of astronomy while the other, entitled *Through the Realm of Science*, dealt with the development of exact sciences.

Milankovic also published a three volume autobiography in Serbo-croatian, *Recollection, Experiences and Vision*, which was never translated. For this reason his son, Vasko Milankovic, has completed a beautiful biography: *My father, Milutin Milankovic*.

Milankovic was elected a corresponding member of the Serbian Academy of Arts and Sciences in 1920, a full member in 1924, a corresponding member of the Yugoslav Academy of Arts and Sciences

in 1925 and as member of the German Academy of Naturalists in Hall; he was also a member of many scientific societies and related to organizations, both in Yugoslav and abroad.

He died on December 12, 1958, in Belgrade.

The EGS published the book *Milutin Milankovic* in 1995.

Текст, пренет у целости са EGS сајта, даје основне биографске податке о Миланковићу из чега читаоц - посетиоц може да закључи који су били разлози да се ова организација определи за додељивање медаље са његовим именом. Оно што је изостало или тек фрагментарно наговештено то је да су на бази Миланковићевих криви осунчавања постављени темељи нове истраживачке методе која носи назив циклостратиграфија, као и то да је Миланковић данас актуелнији него што је био у време када је своју теорију објавио. Синтагма да ће генерације судити о делу најбоље се потврдила у овом случају.

EGS, као што се види, медаљу додељује из области климатологије за коју може да се каже да је увек актуелна, без обзира да ли се ради о њеној прошлости, садашњости или будућности. Ћуди времена увек су биле јаче силе од оне која себе назива човеком, а да је то тако нека послуже последњи догађаји везани за урагане који харају Карибима, Флоридом или Индонезијом, поплавама које уништавају пољопривредна добра у Кини или сушама које рог Африке (Сомалију и Етиопију) претвара у беживотну пустињу. Напори да се те силе обуздају заиста су

надчовечански, али хиљаде евакуисаних људи, стална брига око ревитализације и заштите земљишта, бушење бунара за питку воду и друге активности од виталног значаја само доказују да је битка муко-трпна и понекад безизлазна.

У Југославији, у земљи у којој је Миланковић непрекидно провео и неисцрпно радио скоро пола века од године, како на EGS сајту пише, the year 1909 marked a turning point in his life, па све до своје смрти 1958., слична медаља се не додељује. Чак нема ни иницијативе да се тако нешто оствари иако је препоручивано не из земље већ иностранства, што је још већи апсурд. Невероватно звуче реченице С. В. Рибникара у Предговору Миланковићевих мемоара "Успомене, доживљају и сазнања" које је издао Завод за уџбенике и наставна средства у оквиру едиције Изабрана дела у 7 књига, написане 28. фебруара 1997. године, а које гласе: "Академија је, чак, добивала писма од иностраних научника и научних скупова са замерком да ми занемарујемо име овог великана. Ипак, независно од тих примедба, установљена је "Медаља Милутина Миланковића" која ће се уручивати као највеће међународно признање за достигнућа у области палеоклиматолошких проучавања, али је привремено заустављена због санкција, чије се последице још осећају."

Медаља и даље остаје пример српске пасивности и заборавности, а потреба за не само њеним сагледавањем, већ и проширењем у домаћим оквирима, школама, факултетима, институтима, музејима и уопште установама од општеног интереса обавеза је коју би морали да преузму сви меродавни чиниоци. Центар за мултидисциплинарне науке Универзитета у Београ-

ду и уопште Београдски универзитет мораће у том погледу да дају већи допринос, а прилике какве су:

- ✧ 120 година од рођења Милутина Миланковића (1879),
- ✧ 90 година од доласка на Београдски универзитет (1909) и

- ✧ 60 година од почетка рада на капиталном делу "Канон осунчавања Земље" (1939)

дефинитивно би требало да представља тај подстрек. Исто тако један заједнички пројекат који би се остваривао на ширем нивоу и у који би били укључени стручњаци различитог научног профила у великој мери би допринео да се о Миланковићу много више зна у Југославији.

#### ЛИТЕРАТУРА

HAYS J. D., IMBRIE J. & SHACKLETON N. J. 1976: Variations in the earth's orbit: pacemaker of the ice ages. *Science*, 194: 1121-1131.



*Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 216 - 220, Београд*

## МИЛАНКОВИЋЕВА ОЦЕНА ФЕНОМЕНОЛОГИЈЕ МИХАИЛА ПЕТРОВИЋА

Радомир Ђорђевић

Физички факултет, Студентски трг 16, Београд

### УВОД

Милутин Миланковић (1879-1958) спада у оне научнике чије интересовање је далеко превазишло границе научних дисциплина којима се бавио. Осим главних, оригиналних доприноса у изучавању ледених доба - математичке теорије климе, дао је низ резултата у другим областима који још нису истражени у потпуности. Написао је бројна значајна дела из области историје природних наука; био је заинтересован и за разматрања чинилаца и научних метода који омогућавају поузданија знања, а у познијим годинама показао је велико интересовање за одговарајуће шире синтезе које би се могле стварати на основу достигнутих знања. Неке од његових идеја имају без сумње и одређен филозофски значај (Р. Ђорђевић, 1997).

До својих главних резултата Миланковић је дошао теоријским путем, на основу логичког и математичког апарата које је посматрао у контексту других чиниоца. Посебно је писао о

тзв. нелогичким чиниоцима или екстралогичким операцијама, како их је Ајнштајн називао, а једна од њих је интуиција. Иако је знао да разноврсност збивања у природи изискује и одговарајуће посебне методе и стратегије, он је у духу најбољих традиција био заинтересован и за расправе о могућностима таквих математичких метода на основу којих би се могле изразити извесне законитости разноврсних феномена, издвајањем неких њихових заједничких страна. Од времена Декарта и Лајбница наде у могућност изналажења извесног општег "језика" јављале су се на разним странама.

Почетком нашег stoleћа и Миланковићев колега и пријатељ Михаило Петровић (1868-1943) позабавио се систематски истраживањем могућности да се одређеним математичким методама истражује стварност на основу утврђивања заједничких црта, страна, законитости у диспаратним феноменима, појавама природе. Иде-



је Михаила Петровића о феноменологији као једној специфичној општој филозофској концепцији сазреле су постепено. Још крајем прошлог века он је објавио више мањих радова у којима их је формулисао и даље развијао.

Године 1911. објавио је обимно дело *Елементи математичке феноменологије*, а 1933. године дело *Феноменолошко пресликавање* у коме разматра још шири круг проблема и доспева до одређене мање или више заокружене опште филозофске концепције (М. Петровић, 1998-99). Да је посебно држао до тих резултата сведочи и чињеница да је тој проблематици посветио приступну беседу приликом пријема у Српску краљевску академију наука (М. Петровић, 1900). На ово указује још једна околност: полазећи од тога да прво дело неће бити приступачно ширем кругу читалачке публике због формалног, математичког апарата, да друго дело неће бити довољно приступачно због бројних појмова и идеја из науке и филозофије који су предмет разматрања, дуго је припремао посебан спис којим би своје идеје из претходних дела посвећених математичкој феноменологији и феноменолошком учењу уопште изложио на популаран начин у мањевише литерарном облику, готово у уметничкој форми у којој се иначе огледао у својим другим списима, нарочито у путописним. Трећи спис има наслов *Метафоре и алегорије*, а штампан је постхумно 1967. године (М. Петровић, 1967).

Када се појавила Петровићева књига *Елементи математичке феноменологије* привукла је пажњу само двојице научника чија интересовања су далеко превазилазила границе дисциплина којима су се највише бавили. То су били Коста Стојановић (1867-

1921), професор примењене математике и математичке физике на катедри Универзитета у Београду, коју је напустио да би се бавио политичким и државничким пословима и Милутин Миланковић који је био изабран за професора на истој катедри по одласку Стојановића. За разлику од ширег осврта на феноменологију Михаила Петровића из пера Стојановића, који је сам те идеје иницирао на одређен начин пре Петровића, Миланковићев осврт је био краћи, али исто тако индикативан и значајан. Нажалост, тај осврт је мало познат и може се рећи да је пао у заборав. У недавно објављеним изабраним делима Милутина Миланковића овај осврт није објављен, па је утолико важно да се укаже на његове основне идеје.

#### МИЛАНКОВИЋЕВА ОЦЕНА МАТЕМАТИЧКЕ ФЕНОМЕНОЛОГИЈЕ

Поводом књиге Михаила Петровића *Елементи математичке феноменологије* Миланковић је објавио рецензију у најугледнијем часопису ондашње Србије у Српском књижевном гласнику (М. Миланковић, 1911). Пре него што изложим основне Миланковићеве ставове из тог текста важно је да се напомене да је то једини осврт из пера овог аутора на феноменолошку концепцију Михаила Петровића. Када указујемо на контекст појављивања текстова о феноменологији Михаила Петровића, на реаговања на ту концепцију, посебно се поставља питање зашто је изостало реаговање и филозофа и научника Бранислава Петронијевића чији би суд о поменутој доктрини био драгоцен. Сам Миланковић је иначе много доцније у књижици о животу и раду Михаила Петровића, коју је објавио 1946. године, писао: *"Када је Микина Феноменологија (Елементи мате-*

матичке феноменологије - Р. Ђ.) изашла из штампе, имала је она свега два озбиљна читаоца, мога претходника на Катедри примењене математике Косту Стојановића и мене. Зато сам непрестано наваљивао на Мику да изда своје дело и на француском језику којим је одлично владао. Но у то избише балкански ратови, а иза њих Први светски рат. Тек после њега, док се бавио још у Паризу, одлучи се Мика да резултате свог главног дела саопшти на француском језику. Нису ми познати разлози који су га руковали да их изложи у омањој књизи, у популарној форми, без примене математичког апарата и то је била грешка, јер је за оне читаоце који нису упућени у математику та књига остала тешко разумљива, а за праве математичаре неугледна и неинтересантна (подвакао Р. Ђ.); они из те књиге не могу видети колики је математички дух и виртуоз био наш Мика" (М. Миланковић, 1997).

Ове Миланковићеве речи не треба узимати као неко слободно казивање једног научника о свом колеги и пријатељу. Иако су изнете у популарној књижици, оне су нарочито индикативне ако се зна какве су осцилације у оцењивању феноменологије Михаила Петровића уследиле код нас током наредних деценија, нарочито када је реч о појединим филозофима. Рекло би се да потпунија оцена феноменологије Михаила Петровића тек треба да уследи на основу нових и систематских истраживања.

Миланковић је себи поставио циљ да упозна "шире кругове нашег просвећеног друштва" са резултатима рада Михаила Петровића. Он најпре указује на претходне Петровићеве радове који показују развој идеје о феноменологији, наводи те радове,

од којих су најважнији академска беседа од 9. јануара 1900. године *О математичкој теорији активности узорака* (Les analogies mathématiques et la philosophie naturelle) и друге. Миланковић потом истиче да основна идеја Петровићеве феноменологије проистиче из појма математичке аналогije. Он приказује Петровићеву концепцију илуструјући је примерима из теоријске физике, без коришћења формалног математичког апарата. Миланковић узима пример осциловања математичког клатна (његов термин), описује феномен и закључује у том приказу Петровићевих идеја да "закони који регулишу осцилације математског клатна важе и за друге, сасвим различите феномене". Даље наводи примере из других области, акустичне вибрације, електричне осцилације итд.

Приказивање примера из тих различитих области појава је јасна и прегледна и за нестручњаке. "Истоветност закона - пише Миланковић у приказу Петровићевог дела - који регулишу све четири појаве (мисли се на врсте појава - Р. Ђ.) опажена је тек пошто су ти закони били сваки за себе развијени. Основна идеја г. Петровића јесте: констатовати ту идентичност већ у премисама из којих су ти закони изведени".

Приказујући даље концепцију Михаила Петровића, Миланковић истиче да се елементи издвајају тако што се "појава" ослобађа онога што не игра неку важнију улогу у механизму који ту појаву регулише. Ту је свакако реч о извесним видовима апстраховања.

Након тих разматрања Миланковић одређује основни карактер Петровићеве феноменологије овако: "Са таквим појединостима као елементима

приступио је г. Петровић едификовању једне генералне теорије са пространством једне нарочите гране Природне философије која се састоји из генералних метода за предвиђање појединости појаве према природи улоге оних фактора из чијег стицаја резултује појава као нужна последица”.

Миланковић даље пише о томе где је све могућа примена такве опште концепције Михаила Петровића. Миланковић истиче да је Петровић посебну пажњу обратио квалитативним решењима проблема којима пре њега није придавана нека нарочита пажња и да су неки математичари тек у то време почели да придају већу пажњу тим проблемима.

”У делу г. Петровића - пише Миланковић - скупљена је лепа збирка таквих квалитативних решења, те су предмети тих решења већим делом проблеми философије, психологије и социологије. У тим случајевима није могуће проблем квантитативно формулисати него је у најбољем случају могуће одредити улоге појединих узорака који феномен изазивају”. Миланковић потом даје преглед врста узорака које је формулисао Михаило Петровић. Познавање тих узорака, пише Миланковић, води конструкцији апроксимативне слике феномена или конструкцији неких њених особина.

Оцењујући Петровићеву феноменолошку концепцију, Миланковић наглашава да би било погрешно очекивати да у Петровићевом делу (Елементи математичке феноменологије - Р. Ђ.) налазимо откриће неких нових

закона природе. Реч је само, према овоме, о новој формулацији тих закона у облику који омогућује нову класификацију природних феномена. Та класификација, сматра Миланковић, не врши се према њиховим спољно - феноменолошким одликама него према њиховој математској структури.

#### ЗАКЉУЧАК

Миланковић је поред Косте Стојановића први запазио значај математичке феноменологије Михаила Петровића, јер је осим познавања математичког апарата имао широк увид у стање природних, техничких и неких других наука. Као историчар науке пратио је еволуцију научних знања, а био је заинтересован и за изналажење нових стратегија и метода откривања законитости природе и друштва. Оцене Петровићеве феноменологије које су потом уследиле у периоду између два светска рата и после Другог светског рата из пера појединих филозофа у нашој средини нису се увек темељиле на неопходном познавању Петровићевих списа из области феноменологије. Генералне карактеристике те концепције као облика механицизма и позитивизма пре су одвраћале него што су скретале пажњу на перспективе које открива та концепција. Када су поједини инострани аутори указали на значај Петровићеве феноменологије и овог математичара уврстили у претходнике кибернетике, тек тада је дошло до извесних промена у односу на концепцију о којој је овде било речи.

## ЛИТЕРАТУРА

- ЂОРЂЕВИЋ Р. 1997: Миланковићеве философске идеје и њихова актуелност. Симп. "Развој астрономије код Срба" (М. С. Димитријевић, Ј. Милоградов - Турин и Л. Ч. Поповић, едс.), Публ. астрон. обс. Београд, 56: 171-177.
- МИЛАНКОВИЋ М. 1911: Михаило Петровић: Елементи математичке феноменологије, Српски књижевни гласник, том 28, 5: 376-382.
- МИЛАНКОВИЋ М. 1977: Изабрана дела 1-7 књ., књ. 5, стр. 88, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
- ПЕТРОВИЋ М. 1900: О математичкој теорији активности узорака. Глас СКА, 59, 22: 184-247, Београд.
- ПЕТРОВИЋ М. 1967: Метафоре и алегорије. СКЗ, 60, 405, Београд.
- ПЕТРОВИЋ М. 1998-99: Сабрана дела 1 - 14. Завод за уџбенике и наставна средства, књ. 6 и 7 (посебан прилог: *Други о феноменологији*, књ. 6), Београд.



Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 221 - 232, Београд

## МИЛАНКОВИЋ О ТЕСЛИ

Мирко Кутлача

Нова скојевска 83, Београд  
coolisha@eunet.yu

Милутин Миланковић, оригиналан мислилац, широког образовања и великог интересовања за многе научне области, спада у ред највећих научника српског рода. Поред рада на науци, као професор Београдског универзитета, део слободног времена посветио је животу и делу Николе Тесле. За овај рад дали су му смернице и инструкције његови професори из Осијечке гимназије, који су ценили и поштовали грандиозно дело генија науке и технике Николе Тесле.

У Осијечкој гимназији Миланковићу је математику предавао професор Владимир Варићак, који је од 1904. године у Загребу постао прави члан Југословенске академије знаности и умјетности. Варићак је рано открио Миланковићев таленат за математику и усмерио га у право време да се заинтересује за ову научну област.

Миланковић није имао у својој каријери бољег и савеснијег учитеља од професора математике Владимира Варићака а и професор Варићак није имао бољег ђака од Милутина Миланковића.

На прослави 80 годишњице рођења Тесле 1936. године у Загребу Варићак је у име Председника академије одржао свечан говор у коме су и данас вредне пажње његове мисли.

У седмом разреду Осијечке гимназије минералогiju и геологију Миланковићу је предавао Мојо Медић цењен и поштован зналац, јестаственице, а уз то и Теслин школски друг из госпићких школа "Обершуле", "Ђесарско - краљевске реалке" и Карловачко релане гимназије. Миланковић о свом професору у својим Успоменама, доживљајима и сазнањима говори: "Наша реалка није имала везе са животом и стварношћу, онда се све учило само из књига. И зато је велики део тог нашег књишког учења био јалов. То смо особито јасно осетили кад нам у седмом разреду дође за професора минерологије и геологије Мојо Медић цењен и познат зналац јестаственице. Он је као што сам касније из Теслине биографије дознао био у Горњокарловачкој реалци школски друг тог нашег славног човека. Медић је био први ђак у разреду, а Тесла други. Но, овај други ђак за-

диви цео свет својим епохалним проналасцима, а његов вршњак остаде књишки човек, цепидлака и педант који нас је кињио да научимо нешто о чему нисмо имали стварних представа. У целој пространој околини Осјека нема правог камења и минерала, већ само ситног речног песка, хумуса и иловаче. У том савршено равном крају нема стена, врлети разголићених геолошких наслага њихових фосила и свега другог што је потребно за разумевање геологије. Учили смо латинска имена тих фосила и разумевали их као што крава разуме и разврставали та напамет научена имена у геолошке таване о чијем постанку нисмо имали никакве стварне представе. Али ме Мојо када му се потужих, утешити овим речима: "Кад стигнеш у Беч, нека ти буде први корак да одеш у универзитетску библиотеку. Овде тражи дело: "Neumayer, Erdgeschichte" (Најмара, Историја земље). Дивно дело, у две дебеле свеске, прекрасно илустроване у бојама. Али скупо, нисам га могао купити, а ни набавити за нашу школску библиотеку. Ту ћеш наћи све оно што ти ја, бедник, нисам могао показати.

Мојо је био убеђен да ћу га послушати, али ја проведох дванаест година у Бечу, а непотражих оно недостижно дело. Тек када сам био ратни заробљеник у Пешти, купих га за јефтине паре као успомену на мог сиромашног професора."

Миланковић је у младости сазнао о стању модерне технике из немачких књига о техничким проналасцима. Дошао је до закључка да је електротехника најмодернија и најплоднија грана инжењерске струке и зато је имао озбиљне намере, да још као ђак петог разреда гимназије постане електроинжењер. Међутим, тада није било студија електротех-

нике. Варићак га је саветовао да би била велика штета да се не посвети математици у потпуности, а сигурно је и штета за науку што се Миланковић није посветио електротехници, полазећи од тога да је имао и проналазачког дара. Тесла је у то време у Америци већ патентирао многе проналаске и постао славан, док је Миланковић у Бечу слуша предавања из грађевинске технике.

Посебно му је било драго када је на Бечкој техници на предавањима слушао од професора речи захвалности и дивљења за Теслино велико дело у служби човечанства. И данас се у кабинету Високе Техничке школе међу портретима ректора налази и слика Морица Алеа који је Тесли предавао математику на Високој политехници у Грацу. Тесла му је из ове гране науке био најбољи ђак кога је у својој наставничкој каријери имао. Але је у време Миланковићевих студија у Бечу 1901/1902 био професор математике и ректор Технике.

Први писани записи Миланковића о Тесли појављују се 1931. године поводом прославе 75. годишњице његовог рођења. Међу бројним телеграмима упућеним Тесли од стране највећих научних установа и научника у свету (од којих и четири Нобеловца: Миликен, Браг, Ајнштајн и Апелтон) стигао је и Миланковићев телеграм:

Универзитет,  
Математички Институт

Београд, 16. јун 1931. г.  
Њујорк

*Николи Тесли*

*Поштовани господине,*

Скоро четрдесет година како сам као мали експериментатор чуо први пут Ваше име, које је онда одјекнуло широм целог света. Пре тридесет година, са поносом сам слушао на предавањима Бечке технике, исто то име спомињано од мојих тадашњих професора са највећим признањем. А од двадесет година овамо, ја га са своје катедре изговарам са истим оним поштовањем са којим спомињем име Волта и Фрадеја. Никли сте, али далеко израсли из наше средине. Ви сте наш понос и небески знак који ће наш народ увенчан бојном славом, достојно понети и заставу мисли коју сте Ви развили у светлост дана и високо је уздигли. Сретан сам да приликом Ваше 75. годишњице могу овим путем, да пошаљем уз израз дубоког поштовања своје најлепше жеље.

#### Миланковић

Из овог телеграма јасно се види да је Миланковић већ у реалној гимназији у Осиеку чуо за велико Теслино име и почео се интересовати за њега. Интерес га није напуштао до краја живота. Свакако да су његови професори у Бечу знали вредност Теслиних научних достигнућа те су га стављали у исти ред са највећим умовима науке као што су Волта, Фарадеј и други, а то се касније и обистинило, јер је Тесла један од виђенијих светских научника.

Миланковић је био на студијама у Бечу када је Висока Техничка школа 1902. године именовала један број личности, међу њима и Николу Теслу којима би требало приликом отварања Електротехничког Института доделити почасни докторат за нарочите заслуге на пољу електротехнике. Од стране колегијума професора 1907. године Тесла је био предложен на основу проналазка

мотора са обртним магнетним пољем и апарата за производњу струје високог напона и високе фреквенције.

Тесла се на ову почаст захвалио телеграмом кратке садржине:

*Захваљујем се на изузетно високом признању за моје скромне заслуге. Желим да се ваша сјајна установа и даље развија. Поздрављам сараднике и пријатеље.*

Из извода протокола са седнице Професорског колегијума били су присутни као дворски саветници професор Јосеф Фингер и Јохан Брик. Фингер и Брик су на редовним студијама били професори Миланковићу. Фингер је предавао механику, коју је Миланковић положио са одличним успехом, а Брик је предавао науку о грађењу мостова као први стручни капацитет Бечке Технике из којег предмета Миланковић на испиту добија оцену добар. Миланковић је код Брика полагао инжењерски и докторски испит. Приликом полагања докторског испита Брик је био декан и председник испитне комисије. У комисији на одбрани доктората 3. децембра 1904. године поред Брика били су и Тетмајер, ректор, као и професори Чубер и Фингер.

У Миланковићевим успоменама и другим научним трактатима нема писаних трагова да је присуствовао церемонијалу промовисања Тесле за почасног доктора. Свакако да је тада био дубоко заронио у инжењерску праксу негде у иностранству на пројектовању и грађењу пруга и мостова.

Каква коинциденција: Тесла је био први Србин почасни доктор, а Миланковић први Србин доктор техничких наука са дипломом из исте Високе школе.

Миланковић је попут Тесле уживао у лепој књижевности и драмској уметности. У Бечу је имао одличне услове за коришћење слободног времена. Тако је видео у оно време три највеће глумице света од којих је по његовом мишљењу прво место заузимала Сара Бернар. Сарина уста, а нарочито њен језик били су најсавршенији, најхитрији и најбоље намазани. Из уста куљала је брзином Нијагариних слапова бујица речи у непогрешивој узастопности у свим безбројним нијансама и финесама француског језика, светлуцајући, бљештећи, таласајући у ритму музике. Миланковић упоређује Сарину брзину речи са Нијагариним слапом на којем је изграђен највећи споменик једном научнику у историји технике. Систем Нијагара - Тесла је систем у којем је тријумфовао Теслин геније, без такмаца најславније име у свету технике. Та иста Сара Бернар нашла се у Паризу, када је Тесла држао своје предавање. Сара је имала лепу намеру да приволи Николу Теслу као нежењу да ступи у контакт с њом. Ни бацање беле чипкасте рукавице пред Теслу није јој помогло да разгали срце великог научника.

На иницијативу неколико професора и доцената Техничког факултета и многих електроинжењера у Београду основано је друштво за ширење научних сазнања "Никола Тесла". На оснивачкој скупштини одржаној 26. јануара 1936. у Београду изабрана је управа друштва које је конституисано под именом "Друштво за подизање Института Никола Тесла". У управном одбору Друштва за подизање Института "Никола Тесла" поред најеминентнијих наших научника налазио се и Милутин Миланковић. Када се 1936. навршило 80 година од Теслиног рођења, Друштво је приступило прослави његове осамде-

сетогодишњице на најширој основи. Миланковић је био члан радног одбора за прославу и као делегат Српске Краљевске академије наука одржао говор на свечаној академији пред великим скупом домаћих и страних учесника из 14 земаља.

На прослави је из целог света било преко 30 делегата који су поздравили Теслу, а 17 научника држало је своја предавања. Миланковићево предавање било је изузетно надахнуто у стилу великог научника са широким спектром познавања разних научних области. У говору Миланковић истиче да историја науке и технике, коју је овај неимар брилијантно знао, показује да је од 3 500 година пре Христа па до наших дана остварено више од 15 000 проналазака који представљају ризницу знања о природним силама. У овом броју проналазака има 200 одабраних који се по свом значају разликују од осталих и чине епохална дела генијалних људи. Таквим проналасцима припадају као алем-каменови и два проналаска Николе Тесле. Преношење енергије електричном струјом је први, а другим проналаском попео је напон и фреквенција електричне струје од стотине јединица на милионе. Ваља имати на уму, да су откривене непредвидиве особине таквих струја које се користе у телеграфији без жица, радио техници и медицини. Ти Теслини проналасци били су крилати кораци у науци, због чега су га највеће научне институције у свету тога доба позивале да одржи научну беседу о својим открићима. На зениту славе одржао је предавање пред Енглеским Краљевским Институтом у Лондону уз сензационалне опите за истим столом на којем је некад Фарадеј вршио своје експерименте. Тесла је дошао у своје старо гнездо 1892. године да посети гроб свог



оца, да загрли мајку која га је задонила српским млеком, да пољуби у руку великог песника Змаја. У престоници Србије, Београду објавио је целом свету своју припадност српству. Тесла се састао са припадницима Велике школе и омладином на позив ректора Алковића одговорио: "Хвала Вам на толикој пажњи. У вама гледам младо Српство, које има да ради на општем задатку свију Срба. Ви сте будућност Српска. Ја сам као што видите и чујете остао Србин и преко мора где се бавим испитивањима. То треба да будете и ви да својим знањем и радом подижете славу Српства у свијету."

Миланковић своје излагање на свечаности 1936. године завршава речима: "Прослављајући данас осамдесетогодишњицу Николе Тесле, ми не мислимо нити покушавамо да тиме увећамо његову недостижну славу, него желимо само да додамо израз нашем поносу што је из ове наше средине изникао један геније, чије ће име, и без наше помоћи, остати за навек забележено светлим, словима у историји науке и технике".

Приликом прославе Тесла је био дописни члан Српске Краљевске академије наука. Текст предлога за редовног члана академије писао је Миланковић 15. јануара 1937. Предлог су поднели пет академика у име Академије природних наука и он гласи:

*Српској краљевској академији наука,  
Београд*

*Академија природних наука одлучила је да предложи да се дописник Никола Тесла научник у Њујорку, изабере за правог члана Академије.*

*Никола Тесла је и по својим годинама (рођен у Смиљану 1856. године) и по избору (изабран 25. јануара 1894. године) најстарији дописник наше Академије.*

*О његовој епохалној појави у развоју електротехнике није овде потребно говорити, она је позната и призната у целом свету. Па како закон Академије дозвољава да се за праве чланове изабере научници који нису наши држављани, то предлажемо да наша Академија, користећи се тим правом, осигура себи велику част да нашег славног земљака уврсти у своје праве чланове.*

15. јануар 1937. године

Београд

*Богдан Гавриловић  
Милутин Миланковић  
Живојин Ђорђевић  
Михаило Петровић  
Иван Ђаја*

На седници целокупне Академије одржаној 16. фебруара 1937. године Тесла је коначно изабран за редовног члана Српске Краљевске академије наука. Академија је Теслу о овом избору обавестила депешом, а Тесла је 18. фебруара одговорио:

Српска краљевска академија  
Београд

*Ваш јучерашњи телеграм донео ми је вест да сте ме примили у Ваше неумрло друштво као правог члана. То је ретка и дубока част коју дубоко осећам, веома ценим и примам са поносом и захвалности у нади да ћу је у будућности још више заслужити.*

Никола Тесла

На свечаном скупу Академије одржаном 7. марта 1937. године у сали Коларчевог универзитета новоиза-

брани председник Александар Белић проглашава међу осталим академицима Теслу за правог члана Академије. Тесла због велике даљине, а више због велике старости, није био присутан те је његов телеграм заменио беседу, која се на оваквим свечностима практикује.

Миланковић септембра месеца 1913. борави у Бечу да се упозна са научном литаратуром пре приступа изради свог великог дела. Наишао је на љубазан пријем код бечких физичара Еренхафта Азенрела и Франка наследника Ајнштајна на Универзитету у Прагу.

Еренхафт је на свечаности у Београду 1936. године одржао запажен говор. Истакао је да међународни скупови на којима се одаје признање раду једног значајног истраживача природних наука, подстиче размишљање о епохи у којој је он радио, као и на поређење тог времена са данашњим.

Електротехничко удружење у Бечу организовало је 3. децембра 1936. године на електротехничком Институту Високе Техничке школе свечаност посвећену 80. годишњици рођења Николе Тесле. На овој свечаности као гост одржао је предавање инжењер Славко Бокшан о Теслиним радовима и борбама за престиж у науци. Бокшан је за све време свог дванаестогодишњег боравка у Берлину, што на школовању што на пракси, у свом инжењерском позиву обратио нарочито пажњу на удео свог великог сународника у развоју електротехнике да би се тим питањем бавио до краја живота о чему сведоче његово многобројне публикације. По Миланковићу постао је најбољи познавалац Теслиног живота и рада.

На иницијативу Миланковића, а уз велику подршку Бокшана, Еренхафт 1937. године предлаже Теслу за Нобелову награду из области физике. У списку радова наводе се Теслини основни радови и патенти из области физике. У списку радова наводе се Теслини основни радови и патенти за електротехнику, Бокшанова и дела других аутора о осветљивању Теслиног великог генија у области технике и других дисциплина. Комисија Нобелове фондације у пуном саставу заседала је 8. октобра 1937. године у Стокхолму да би донела одлуку о поднетом предлогу, односно да би Теслу удостојило овим признањем. На основу свестраног разматрања комисија је дошла до становишта да је Тесла пионир у многим научним гранама и областима у којима су и други радили, као и да одређен број његових проналазака у спору (првенствено радио), као и да су неке његове идеје и проналасци далеко испред времена и развоја науке и технологије, те се још могу применити у пракси, па се поставља питање опортуности доделе Нобелове награде.

Комисија је у потпуности била у праву, јер је ишла на руку генијалном проналазачу који је на почетку установљења и доделе награде изјавио да има четири туцета радова који више вреде него све награде које ће се делити у току хиљаду година. И овог пута, као и много пута раније, Тесла је био у праву, јер је од 1901. године, када се почела додељивати Нобелова награда за ово признање, утрошено према неким рачуницама свега 300 милиона долара. Примера ради, Тесла је 1889. поцепав чек пред лицем магната Вестингхауса који је био у великим финансијским тешкоћама, у износ од 20 милиона долара, само

зато што га је овај једино подржао код приоритета наизменичних струја.

Миланковић, и поред великих заслуга у науци, није пропустио јединствену прилику која му се указала да прихвати чланство у испитном одбору на првој докторској дисертацији која је код нас и у свету за време Теслиног живота одбрањена из проблематике његових струја. Витомир Х. Павловић, асистент Универзитета у Београду, одбранио је докторат на тему: "Теслине струје примењене у стробоскопији и кинематографији" 18. марта 1938. године пред следећим члановима комисије: професор др Милутин Миланковић, др Миливоје Лозанић (сина најчувенијег српског хемичара Симе Лозанића) и др Сретен Шљивић.

Докторант, а касније дугогодишњи професор универзитета у уводном делу рада истиче да међу многобројним применама Теслиних струја у научној и техничкој литератури нема података о примени тих струја у стробоскопији и кинематографији како су у ствари и светлост електричних варница као и светлост из цеви са електродама који се ексцитира Теслиним струјама, већ обилато искоришћене и у стробоскопији и у кинематографији. Кандидат је у својој тези себи поставио задатак да покаже колико и како се Теслине струје већ употребљавају за произвођење светлости у стробоскопији и кинематографији и како би се оне могле још употребљавати.

Према многим научним радницима, ово је до сада најбоља од малог броја одабраних теза у земљи и иностранству на Теслиним научним радовима, а при којој је као члан комисије био Миланковић.

Поводом десетогодишњице смрти Николе Тесле у Српској академији

наука и уметности одржана је 24. јануара 1953. године комеморација. Њој су присуствовали чланови и научни радници академије, као гости и многи Теслини обожаваоци. Говоре су одржали Милутин Миланковић, подпредседник Академије, Радован Марковић, управника института "Никола Тесла" и Илије Обрадовића, дописни члан Српске Академије наука и уметности. На овом месту даје се кратак садржај уводног Миланковићевог говора.

Он, пре свега, истиче да су се састали да одају пошту највећем генију нашег народа Николи Тесли који је својим проналасцима створио основе свега онога што се данас види у нашим индустријским и саобраћајним постројењима. Тесла је својим високофреквентним струјама открио неслућене особине електрике и својим проналасцима створио основе данашње радио-технике, о чему је упознат цео свет.

Тешка је истина да је било времена када се у наглom развоју технике у борби за престиж на највећим открићима и остварењима, човечанство почело заборављати, па чак и оспоравати оно што је дело златних Теслиних руку. Било је грешака и на самом Београдском универзитету јер се у уџбеницима физике као проналазач обртног магнетног поља помиње Италијан Ферарис. Због овога и других сличних запостављања Тесле у кругу оснивача Института "Никола Тесла", отпочео је покрет да се његове заслуге изнесу на видело.

Најистакнутији научници и стручњаци, на раније поменутом Симпозијуму, исказали су без икаквог ограничења своје признање Теслином генију. То признање је гласило да су Теслини проналасци темељи сада-

шњице електротехнике високог напона и данашње радиотехнике.

Никола Тесла је умро у својој другој домовини у Америци, која је тек касније увидела шта му дугује, а уверила се да је у њему имала и свог највећег проналазача.

Миланковић је 10. јула 1956. године присуствовао прослави стогодишњице рођења Николе Тесле, одржаној у Београду, као представник Српске академије наука и уметности и одржао говор који из неразјашњених разлога није штампан.

Славко Бокшан у напону снаге и научног зенита имао је намеру да напише и објави сабрана дела Николе Тесле. Пошто је био у пријатељским односима са Милутином Миланковићем желео је да му својим енциклопедијским знањем помогне у одређеним феноменима Теслине научне проблематике.

Бокшан је имао идеју да у пет књига објави Теслин научни опус на српском језику који би се због своје заинтересованости у свету науке и научних достигнућа превео и на светске језике.

Српска академија наука 1950. године, односно Одељење техничких наука објавило је Бокшанову књигу "Дело Николе Тесле - полифазни систем произвођења, преношења, развођења и искоришћавања електричне енергије". Предговор делу написао је Милутин Миланковић, потпредседник Српске академије наука.

У предговору је изложено низ интересантних чињеница из живота и дела Николе Тесле, који су због своје вредности и данас занимљиве.

По Миланковићу, Никола Тесла је проживео скоро цео свој радни веку САД-у и тако остварио своје проналаске по којима је постао један од оснивача модерне електротехнике. Иако је својим проналасцима зачетник Друге индустријске револуције, морао је, као по неком устаљеном правилу, искусити и све невоље које на путу успеха прате велике проналазаче.

Тесла је првим проналасцима епохалне вредности, мотором за наизменичну струју и начином преношења полифазним струјама примењеном на слаповима Нијагаре створио велико могућности за развита електротехнике.

Прве патенте који су омогућили овакав неслућени развита електротехнике пријавио је у Америци 12. октобра 1887., а у Немачкој 1. маја 1888. године. Када су сви ови проналасци показали фантастичне резултате, немачка електротехничка индустрија, да би Теслине патенте могла без проблема користити, отпочиње невиђену борбу у проналазаштву против Теслиних патената. Да би остварила циљ којем је тежила, није бирала средства и успева у тој прљавој игри. Државни суд у Берлину криво је протумачио предавање италијанског професора Галилеја Ферариса, одржано у Торину 1888. године и својом пресудом од 26. новембра 1888. године поништава Теслине немачке патенте.

Међутим, Тесла је своје патенте пријавио у Америци, пре него што је Ферарис одржао предавање у коме је изложио само теоријску основу обртног магнетног поља, а није ни знао ни помишљао о начину његове примене о преношењу енергије електрицитетом.

Немачки цар Вилхелм, када је сазнао за Теслине епохалне резултате остварене у Америци, чинио је све што је било у његовој моћи да Теслу доведе на свој двор за главног саветника за науку.

И поред свих тежњи да пионир електротехнике, радиотехнике и других научних достигнућа дође у Берлин, царева жеља се није испунила јер Тесла, иако широкогруд, није могао преживети поништење патента.

Када је Тесла крочио у свет науке са већим бројем патената био је позван од највећих научних институција и еминентних научних фигура у свету да одржи предавање из научних области којима је ударио темеље својим проналасцима. Пошто је одржао неколико предавања у Америци, спремао се за Европу да и ту покаже шта зна и до каквих је нових резултата дошао.

Решење немачког Државног суда, наставља Миланковић у предговору, унело је нетачност у научну литературу. Неки немачки научници, посебно физичари, нису знали право стање ствари, узимали су решење суда као ваљано и признавали приоритет проналаска обртног магнетног поља Ферарису, а не Тесли.

Било је и таквих који из сујете и неких других разлога Теслу нису узимали ни помињали као творца овог проналаска.

Истина је дуга и тешка, али није недостижна. Немци су 60-их година двадесетог века формирали електротехничку комисију да утврди шта је ко од проналазача урадио код обртног магнетног поља и других сличних дела. Овог пута су без сумње утврдили да је Тесла био тај који је пронашао обртно магнетно

поље и друге проналаске који су грешком приписивани другим ауторима.

Миланковић је знао да је тешко извући материјалну корист од проналазача. Поред тога, није имао трговачке способности па се потпуно оправдано одлучио да своје проналазачке способности употреби на пољу науке где је остварио значајне резултате. На оваквом послу му је у много чему помогао и сам Тесла. Тесла није имао трговачког духа а ни слободног времена да води праве спорове са препременим зликовцима.

Други Теслини епохални проналазак је остварење високофреквентних струја које се и данас називају Теслиним струјама. Проналазак није оспорен и утврђен је 1892. године у САД-у.

После ових проналазача Тесла се бавио и проблемом телеграфије без жица и радиофонијом. Из ове области пријавио је и добио тридесет патената које није због уништења своје лабораторије користио, па су се његови проналасци из ове области почели заборављати.

Ипак, у новије доба када су ти проналасци почели широко да се примењују у области електротехнике, у свету науке се дошло до становишта да је Тесла положио основе даљег развоја и да му се мора признати да је оснивач и те нове гране технике.

Са Теслиним проналасцима из области преноса електричне енергије на даљину, централе нису више биле везани центри у којима је енергија трошена. Почела је градња хидроцентрали. Тиме се врло успешно бавила и фирма у којој је Миланковић

био главни конструктор врло сложених и врло одговорних хидротехничких конструкција.

О Теслином пореклу и народности владало је погрешно мишљење, што не треба да чуди, јер је Тесла Србин рођен у Хрватској, у горском делу Аустроугарске монархије, где је живело десет различитих нација. Као Србин примио је америчко држављанство где се није водило рачуна о пореклу и националној припадности.

Због свега тога, неки научни кругови, часописи, дневни листови и шира јавност, проглашавали су га Американцем, Аустријанцем, Енглецом, Хрватом, а француска велика енциклопедија Мађаром, што је створило нејасну слику о Теслином пореклу.

Миланковић наводи да је о националној припадности Мајеров лексикон (1929) саопштавао ово: "Тесла Никола, српски физичар, рођен 1857. године у Смиљану (Хрватска), а од 1882. године у Америци". У истом делу, у табеларном прегледу најважнијих проналазака и открића остварених до садашњице, Тесла се напомиње четири пута: као проналазач обртног магнетног поља (1887), асинхроног мотора (1888) и наизменичних струја високог напона и учестаности (1893).

У Дермштетеровом "Приручнику за Историју природних наука и технике", где су ти историјски подаци поређани по годинама, налази се под годином 1887. следеће: "Никола Тесла проналази вишефазни мотор наизменичне струје и унапређује тиме економско преношење енергије на велика одстојања". Под годином 1893. стоји ово: "Никола Тесла про-

налази таласне појаве при наизменичним струјама високог напона и велике учестности."

Нелогично је да га Хрвати својатају када у његовој Лици која је била у саставу Војне Крајине у оквиру Аустроугарске монархије, где је Тесла рођен данас нема Срба који су као мањински народ протерани са својих вечитих огњишта.

Миланковић на крају предговора даје садржај, боље рећи композицију књиге.

У првом делу после кратког увода налази се извештај о стању електротехнике у доба када је Тесла почињао свој пионирски рад на том пољу. Ту су приказани Теслини патенти и описи из одређене области електротехнике. Дато је свега 30 патената са тумачењем, које служи за боље разумевање материје и односа према патентима оних проналазача са којима су вођени спорови око питања приоритета.

У другом делу књиге под насловом "Коментар" на врло популаран и зналачки начин описани су сви документи који се односе на утврђивање приоритета Теслиних проналазака. Налази се и решење патентног судије Тоунсенда из којег се може више сазнати о важности Теслиних патената у Америци.

Миланковић на крају предговора закључује: "Овако прикупљена документарна грађа о Теслиним проналазцима, при чијој редакцији је избегавано све што би личило на националну сујету или пропаганду предочава сама по себи џиновски замах Теслина духа при концепцији основне замисли у стварност и практичну примену".

Приликом писања ове књиге Славко Бокшан је тешко оболео од шећерне болести тако да му је вид толико ослабио да није могао извршити неке измене које су Академијини референти захтевали. Тај редакторски посао извршио је Радомир Арсенијевић, професор Техничке Велике школе у Београду, тако да је књига у великом броју примерака изашла на време из штампе и била приступачна читаоцима.

Не треба испустити из вида да је велика штета за нашу и светску науку што је Славко Бокшан 1953. године рано умро, те није могао наставити своје грандиозно дело, које би поколењима служило као надахнуће оног што је велики Тесла створио сам без ичије помоћи кроз рад и борбу без обзира на препреке и проблеме на које је у свом узвишеном путу наилазио.

Можда је Миланковић био најпогоднија личност да настави Бокшанов рад, али су га године и велика истрошеност у томе спречили. Да је Миланковић имао велике предиспозиције за Теслино дело, најбоље се може уверити из његових предавања на Филозофском факултету у Београду. Очувао је, како каже, у својој другој књизи "Успомена, доживљаја и сазнања" прибелешке за предавање трогодишњег курса примењене математике. Из прибелешака се види да су његовим предавањима били заступљени следећи предмети: Рационална механика, Векторска анализа, Општа теорија физикалних поља, Наука о спровођењу топлоте, Електростатика и Магнетостатика, Максвелова теорија, Теорија електрицитета, Теорија електрона, Небеска механика и Виша динамика. Свакако да је из ових предмета могао студентима да говори и о Тесли јер је његово дело

било инкорпорирано у ове научне дисциплине. Ако се посматрају радови Миланковића као енциклопедијског научника стоји чињеница да у многоме поред највећих светских научника даје и заслужено признање Тесли. Простор не дозвољава да се спомене све до детаља што је све Миланковић рекао о Тесли, али ће се оно најважније из његових дела ипак довољно прокоментарисати.

Кроз своје две књиге "Наука и техника током векова" и "Техника у току давних времена" Миланковић је приказао развој технике од њених првих почетака, остварених у каменом добу па све до проналазака Николе Тесле.

Миланковић је на најбољи начин приказао Теслино генијално стваралаштво у својој трећој књизи "Успомене, доживљаји и сазнања после 1944. године" у издању Српске академије наука, тј. њено Одељење природно - математичких наука као посебно издање.

По Миланковићу, Тесла припада оном соју генија које је ентузијазам непрестано водио. Конструкција мотора за полифазну наизменичну струју представља један од најсјајнијих тренутака науке. Тесла је на најсавременији начин решио проблем преношења електричне енергије електричном струјом на велике даљине. Тај начин користи се данас у целом свету у огромној и стално растућој мери.

Други велики Теслин проналазак, остварен 1890. године, је струја високог напона и високе фреквенције која се данас назива Теслиним именом. Овим је Тесла трасирао пут остварењу бежичне телеграфије и радија.

И на крају, уместо закључка, може се рећи да је Миланковић урадио за Теслу онолико колико су му на време, услови и знање дозвољавали. Поред свега, могао је и више да су наука и техника, посебно технологија, биле у његове време на већем степену развоја и да су се Теслине идеје, мисли и проналасци

могли у потпуности применити у пракси. Ни данас, после 54 године од смрти "корифеја технике", наука није у стању да одговори на поједина питања која је овај универзални геније (полихистор, који израз Миланковић помиње у својим делима) поставио пре више од сто година.





Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 233 - 247, Београд

## КЛИМА, ВРЕМЕ И СУНЧЕВИ ЦИКЛУСИ или ЕСЕЈ О МИЛУТИНУ МИЛАНКОВИЋУ

Споменко Ј. Михајловић <sup>1,2</sup>, Александар Ђорђевић <sup>2</sup>,  
Мирослав Старчевић <sup>2</sup> и Владо Милићевић <sup>3,2</sup>

<sup>1</sup> Геоманетски институт, 11 306 Гроцка

<sup>2</sup> Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду,  
Катедра за геофизику, Ђушина 7, 11 000 Београд

<sup>3</sup> Геоинститут, Ровињска 12, 11 000 Београд

*САЖЕТАК - Досадашња метеоролошка посматрања и испитивања показују да карактеристике атмосферских промена, могу да зависе од интензитета и промена Сунчевог зрачења, које доспева на Земљу. Промене јачине Сунчевог корпусколарног зрачења, а нарочито Сунчевог ветра могу да утичу на промене атмосферских параметара.*

*Промене соларно - геофизичких процеса, које се дешавају у једанаесто-годишњем циклусу соларно - геомагнетне активности, описују се као један од модификатора различитих промена климатолошких елемената. На основу посведневних метеоролошких посматрања и мерења, у вишедеценијским низовима, анализирана је сложена структура спектра варијација метеоролошких параметара, различитих периода. Преко Миланковићевих циклуса промена климе, долази се до периода од 22, 11 година, и квазипетогодишњих и квазидвогодишњих. У основи свих климатских промена, постојава непредвидива хелиогена снага и сложена астрофизичка база. Ту су своје место заузели и Сунчеви циклуси.*

*Некада давно, све нас је овим појавностима у атмосфери и природи уопште несебично учио Милутин Миланковић.*

### 1. УВОД

У историји српске метеорологије, у традицији београдске климатолошке школе, наводи се да је Милан Недељковић, оснивач, родоначелник

Опсерваторије Велике школе. Он је у Извештају: "Опсерваторија Велике школе и њене метеоролошке станице" из 1898. године, написао: "Опсерваторија је требало да буде сачињена од:

1. Мале астрономске опсерваторије за примењену и прецизну астрономију,
2. Велике метеоролошке опсерваторије,... ;
3. Централне за све метеоролошке станице,... и
4. Мале земномагнетне опсерваторије у којим би се посведневне земномагнетске прилике посматрале и пратиле, са задатком да изврши земномагнетски премер Србије; (у књизи "Девет храстова", Љ. Опра, 1998) Ови наводи сведоче, о идеји старој скоро цео век, да се мерења и испитивања у аерономији, климатологији и метеорологији, дешавају на истом месту и у исто време, заједно са мерењима и испитивањима, промена интензитета магнетног поља Земље.

Потврду и оправдање "посведневних" астрономских, климатолошких, метеоролошких и геомагнетских мерења и испитивања, у својим радовима и делима дали су Павле Вујевић ("Варијациони периоди климе", 1921) и Милутин Миланковић ("Канон осунчавања Земље", 1928.). Они су, описујући и анализирајући различите конструкторе и модификаторе климе на Земљи, дошли до промена климе различитог трајања: од оних које се "протежу" у геолошке епохе, а одређене су као Миланковићеве компоненте промене климе (Миланковићеве циклуси); затим оне које према метеоролошким посматрањима и мерењима, у временским интервалима (сто и више година), могу имати периоде од око 70, 22 године или пак могу бити квазипетогодишње, квазидвогодишње промене.

Савремена истраживања соларних физичара, астрофизичара и метеоролога, указују на утицај промена Сунчевог зрачења, која се дешавају у

соларним циклусима и како те промене утичу на промене времена. Тај утицај се преноси на време на Земљи, путем енергије која као Сунчево зрачење стиже на Земљу, односно преко промена соларне константе<sup>1</sup>.

Досадашња истраживања показују да се горњи слојеви атмосфере, (термосфера) загревају под дејством ултраљубичастог зрачења са Сунца, када температуре у том слоју достижу вредност од неколико стотина степени Целзијуса. Међутим, у време максималне Сунчеве активности, када се у магнетном пољу Земље дешавају интензивни магнетни поремећаји - магнетне буре, које носе огромну количину електричног потенцијала, преносе велике количине топлоте у термосферу и загревају тај слој до неколико хиљада степени Целзијуса. Нека истраживања указују на могућност да исти модификатори и преносиоци енергије (силе, енергија Сунчевог зрачења у време магнетних бура итд.), који "загревају" термосферу, могу имати знатан утицај на временске прилике на Земљи.

## 2. ХЕЛИОГЕНИ УТИЦАЈ НА КЛИМУ

Клима означава уобичајене, свакодневне промене (часовне, дневне) временских прилика на неком месту, а време представља тренутно стање атмосфере на одређеном месту. Клима (грч. κλίμα) означава инклинацију, односно нагиб под којим Сунчеви зраци падају на Земљу и утичу на температуру ваздуха. У литератури се може пронаћи записано да је климатологија наука о просечном току временских појава, или о средњим стањима атмосфере, на разним

<sup>1</sup> Соларна константа је количина енергије која пада на квадратни километар површине Земље.

тачкама Земљине површине (Ј. Хан, 1921), или климатологија - морфологија атмосфере (П. Вујевић, 1921) - (према књизи "Девет храстова", Љ. Опра, 1998).

Чини се довољно широком, а истовремено и прецизном, одредница да је климатологија, односно клима у њој, морфологија атмосфере. Ако је то тако, онда морфологију атмосфере одређују промене климатолошких елемената различитог интензитета и трајања, које се одигравају по специфичним и посве посебним законмерностима, а и одређују их сложени соларно-геофизички интерактивни процеси и механизми, на Земљи и у васиони.

Земља се може представити као један динамичан модел, у којем постоје четири сфере. Активно језгро Земље је седиште тектонског и магнетног динама. Слој који је окружује је Земљина кора, и даље велика непознаница. Хидросфера и атмосфера су преостала два слоја. Атмосфера, због физичких својстава елемената који је граде, има утицај на многе појаве на Земљи.

Земљине сфере су изложене и подлежу сталном утицају двеју врста енергије: Сунчевој топлотној енергији, одређеној као хелиогена снага и енергији Земљине магме, описаној као геогена снага (П. Вујевић, 1921). Средиште хелиогене енергије, снаге и соларно-геофизичких процеса, налази се у атмосфери, при чему је величина хелиогеног утицаја зависна, предодређена астрономским положајем Земље према Сунцу. За разноликост климатских појава, феномена и облика на Земљином шару, важни су процеси и односи између три целине: од Сунца до Земљине површине, преко ваздуха.

"Наша атмосфера, о томе нема сумње, женске је природе, она трепери под жарким пољупцем Сунца, често се наоблачи и намргоди, а кад год хучи, бесни и запара". (М. Миланковић: "Успомене, доживљаји и сазнања"). Веома сликовит опис климатских појава и феномена, који се могу доживети у природи, у атмосфери, "под жарким пољупцем Сунца". Могуће је, у записаној метафори, жарки пољубац Сунца одредити као спектар Сунчевог зрачења.

Физичке особине магнетног поља Сунца, промене Сунчевог зрачења, дају и носе ону енергију, чије динамичне и сложене промене и кретања утичу на формирање климе. Положај Земље према Сунцу одређује климатске зоне, или климатске појасеве. Веома динамичан однос Земље према Сунцу, једно стално кретање у којем се она налази: ротација, нагиб Земљине осе према еклиптици, одређују дневни ток климатских промена и годишње климатске периоде елемената (П. Вујевић, 1921). Свеукупност описаних интерактивних процеса и појава између магнетног поља Сунца и поља у геопростору, размене и промене енергетских биланса и кретања у атмосфери, дају појам о соларној клими, која би егзистирала на Земљи, у свом изворном облику, само онда када би Сунчево зрачење стизало на Земљу, без било каквих губитака и промена.

На Земљи и у геопростору, дешавају се различити соларно геофизички процеси, који нарушавају чисту соларну климу. Ваздух је први деструктор соларне климе, упија и расипа Сунчево зрачење, те мења њен првобитни облик и претвара је у физичку климу. Земљина површина је такође фактор стварања различитих климатских облика.

Хелиогени утицај на климу, на временске прилике на Земљи, преноси се преко категорије конструктора или организатора и категорије модификатора климе. То су: категорија која даје енергију, затим она која ствара периоде и она која ствара облике климе. На основу ових одређеница, могуће је дати две карактеристике скелета генетског склопа климатологије:

- Астрофизичка база на којој почива теоријска соларна клима;
- Физичка база као динамичка категорија при чему су дневне периоде климе и климатских фактора и временски региони последице ротације Земље (П. Вујевић, 1921).

### 3. АСТРОФИЗИЧКА БАЗА КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА

У свом раду, Милутин Миланковић је до математичког модела климе дошао прихватајући постулат, да количине топлотне енергије коју Земља прими од Сунца, одређује климу на Земљи и изазива све њене промене.

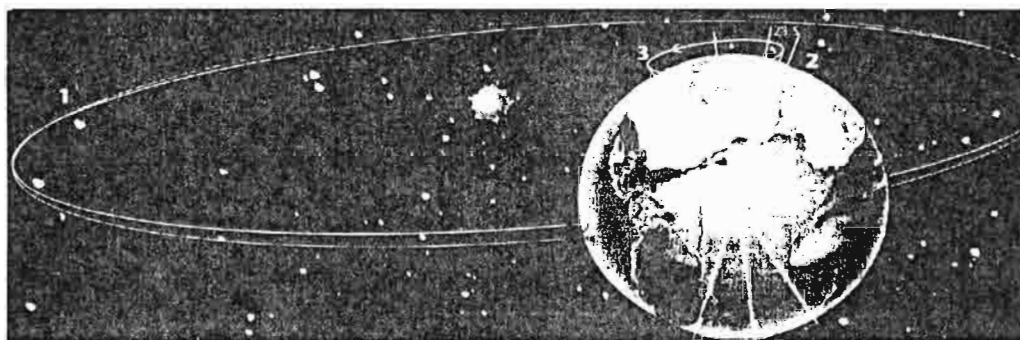
Кретање Земље у сложеном Сунчевом систему је такво да се њена путања никад не понавља. Не могу се пронаћи две исте године, са две

"одигране" исте револуције, које је Земља начинила око Сунца. У времену, мења се нагиб осе ротације у односу на еклиптику, њен положај у односу на нормалу еклиптике, односно, мења се прецесија и еклиптичност путање око Сунца.

На сл. 1 приказани су просторни односи и положаји Земље према Сунцу.

У зависности од промена Земљине орбите, нагиба осе ротације и прецесије, мења се и контролише укупна количина примљене енергије Сунчевог зрачења на Земљи.

Најкраћа осцилација је последица промене положаја Земљине осе. Време за које оса опише пун круг креће се између 19 000 и 23 000 година. Померање пола узрокује привидно померање звезда на небу, гледано са Земље, што се назива прецесија еквиноција; односно, Земљина оса врши процесионо кретање, а последица тога је лагана промена у моделу годишњих доба. То је прва компонента Миланковићевог модела климатских промена.



Сл. 1. Варијације Земљине орбите које одређују Миланковићеве циклусе: (1) елиптичност орбите варира са периодом од око 100 000 година, (2) нагиб осе ротације, који сада износи око  $23.5^\circ$  мења вредност од  $22.1$  до  $24.5^\circ$  током 40 000 година и (3) та оса такође врши прецесију, описујући на небу круг сваких 23 000 година.

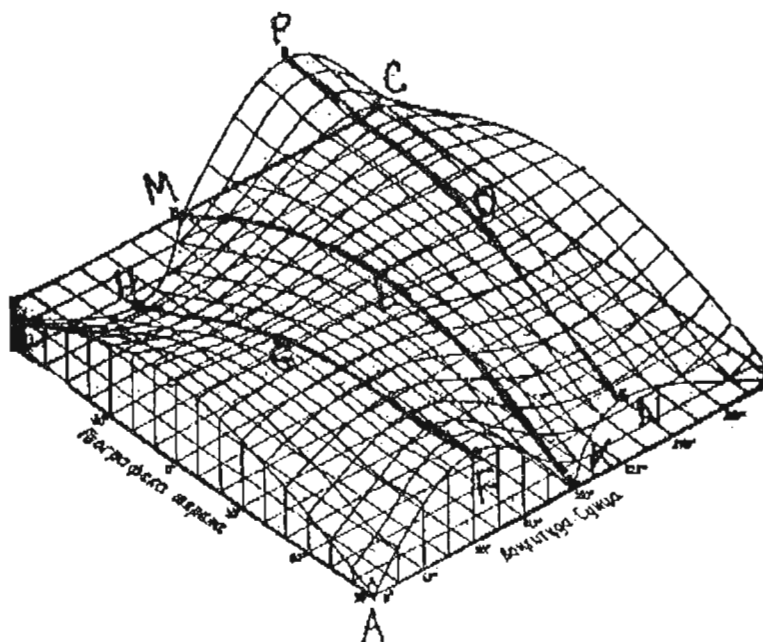
У исто време варира и угао под којим је оса наше планете нагнута у односу на нормалу на раван еклиптике (између 21.8 и 24.4 лучних степени) и то у току периода од 41 000 година: то је друга компонента Миланковићевог модела (сл. 1). Данашњи нагиб је око 23.4 лучна степена и приближно је на половини између две екстремне вредности. Угао се смањује, што, између осталог значи, да су разлике лета и зиме данас мање него што су биле пре хиљаду година - лета су нешто свежија, а зиме топлије.

Трећа компонента Миланковићевих циклуса је нешто другачија, а у вези је са променама у облику Земљине орбите. Као резултат промене међусобног односа гравитационих сила у Сунчевом систему Земљина орбита мења облик од скоро кружне до елиптичне и обрнуто у периоду од приближно 100 000 година (сл. 1).

Укупна количина примљене топлоте у току целе године је увек иста. Ова три астрономска циклуса врше само прерасподелу топлоте између годишњих доба и то у врло малим износивама.

У књизи "Канон осунчавања Земље" Милутина Миланковића приказана је расподела дневних количина осунчавања на Земљиној површини (сл. 2). На оси АВ нанасене су лонгитуде Сунца, на оси АД географске ширине, а у правцу треће осе, управне на четвороугаоник ABCD, одговарајуће дневне количине примљеног Сунчевог зрачења (сл. 2).

Крајње тачке појединих дужина линија показују усталасану површину, која представља варијације примљених количина Сунчевог зрачења у току године.



Сл. 2. Дијаграм расподеле дневних количина осунчавања на Земљиној површини ("Канон осунчавања Земље").

У току пролетње равнодневице, када је лонгитуда Сунца  $l = 0^\circ$ , крива осунчавања је косинусоида. Расподела дневне количине Сунчевог зрачења у правцу меридијана и средњег осунчавања упоредника, прати једноставну закономерност: ове две количине (зрачења) су пропорционалне косинусу географске ширине које имају максимум на екватору, а ишчежавају на половима. Међутим, ова структура расподеле количине примљеног дневног Сунчевог зрачења мења се при промени лонгитуде Сунца. Када је лонгитуда Сунца  $l = 90^\circ$ , Земља је у летњем солстицију, а расподела количине дневног зрачења је приказана кривом FGH (сл. 2). Северни пол тада добија максимум дневног зрачења од 0.385 јединица, док се споредни максимум од 0.355 јединица налази на  $43^\circ 33.6'$ . Дневна количина примљеног Сунчевог зрачења је при јесењој равно-

дневици лонгитуда Сунца  $l = 180^\circ$  приказана косинусоидом KLM (сл. 2). У доба зимског солстиција, када је лонгитуда Сунца  $l = 270^\circ$ , расподела дневне количине Сунчевог зрачења је означена кривом NOP, која је слична кривој HGF, али има веће ординате.

У том дану је примљена количина Сунчевог зрачења на јужном полу 0.412 јединица, а споредни максимум на географској ширини  $-43^\circ 33.6'$  и износи 0.380 јединица (П. Вујевић, према књизи "Девет храстова", Љ. Опра, 1998).

Приказане и описане закономерности расподеле количине зрачења, које прими Земља од Сунца, имале су практичну примену у израчунавањима М. Миланковића, а вредности средње годишњих температура ваздуха по упоредницима дате су у Табели 1.

Табела 1: Средње годишње температуре по упоредницима

северна географска ширина ( $^\circ$ ) - лучни степени	температуре ( $^\circ\text{C}$ ) према М. Миланковићу	температуре ( $^\circ\text{C}$ ) према Мајнардусу
$0^\circ$	$32.8^\circ$	$26.2^\circ$
$10^\circ$	$31.6^\circ$	$26.7^\circ$
$20^\circ$	$28.2^\circ$	$25.5^\circ$
$30^\circ$	$22.1^\circ$	$20.4^\circ$
$40^\circ$	$13.7^\circ$	$14.0^\circ$
$50^\circ$	$2.6^\circ$	$5.8^\circ$
$60^\circ$	$-10.9^\circ$	$-1.1^\circ$
$70^\circ$	$-24.1^\circ$	$-10.7^\circ$
$80^\circ$	$-32.0^\circ$	$-11.2^\circ$
$90^\circ$	$-34.8^\circ$	$-22.7^\circ$

Разлике израчунатих вредности средње годишњих температура по упоредницима, према наведеним ауторима, постоје. Измерене температуре

ваздуха су ублажене атмосферским и океанским струјама. Ваздух и океанске воде стално "пренашају" топ-

лоту из полутарских према поларним пределима, а расхлађени се враћају у супротном смеру. Процеси зрачења по томе нису пресудни чиниоци само за хоризонталну, него и за вертикалну расподелу температуре ваздуха (М. Миланковић, 1928; према књизи "Девет храстова", Љ. Опра, 1998).

#### 4. СУНЧЕВИ ЦИКЛУСИ

Сунце има сложен систем магнетних поља, која могу бити представљена као комбинација слабих, издужених, униполарних области и компактних, интензивних магнетних поља супротне поларности (биполарне области). Према општем моделу, на северној и јужној поларној зони Сунца, налазе се униполарне области, супротних поларности. Поларност се мења сваких 11 година. На појасевима средњих и ниских хелиографских ширина, распоређене су униполарне, а такође и знатно јаче биполарне области. Биполарна магнетна област може да буде одређена са две затамњене области, које се зову Сунчевим пегама. Две пеге имају супротну поларност. Код почетног стадијума развоја биполарних области, видљива је само једна пега, означена као водећа (претходна)  $p$  - пега. У свакој полусфери Сунца, поларност водећих пеге поклапа се са поларношћу примарног, униполарног магнетног појаса, који егзистира у области северне, односно јужне поларне зоне Сунца.

Због флуидног стања Сунца, поједине Сунчеве паралеле ротирају под различитим угловним брзинама. Екваторијалне области ротирају брже него поларне (периоди ротације су сагласни трајању од 25 до 35 дана). Примарно поље, које је имало полоидални карактер, "изду-

жује", се а конфигурација поља постаје тороидална, интензитета  $B = 0,2 - 0,4 T$ . Процес "појачавања" примарног поља и формирања тороидалне конфигурације Сунчевог магнетног поља аналоган је механизму стварања тороидалног магнетног поља у језгру Земље.

Због неуниформне ротације појединих области на Сунчевим полусферама, тороидално поље може да има различите вредности. Примарно, полоидално поље би се спонтано гасило, уколико не би постојао механизам његовог појачавања. Међутим, постоји механизам који одржава магнетно поље Сунца. Тороидално је затворено поље и да би оно генерисало примарно потребно је да се полоидално поље Сунца "увија" на неки начин. Услед дејства Коиролисове струје на местима вртложења флуида, доћи ће до слагања конвергенције и вертикалног издизања вртлога услед загревања. Ствараће се спиралне путање честица које доводе до издизања и увијања магнетних линија силе, формирајући петље.

Појачавање полоидалног поља изазива нестабилности формираних магнетних токова у тороидалној конфигурацији. Део нестабилних магнетних токова се издиже према површини фотосфере и даље у хромосферу и корону. У току сваког једанаестогодишњег циклуса Сунчевих пеге, издизање магнетних токова се јавља најчешће у појасу средњих хелиографских ширина од  $30^\circ$  до  $40^\circ$  на северној и јужној полусфери Сунца.

Број "издигнутих" магнетних токова се повећава у току померања појаса нестабилности према екватору, јер број Сунчевих пеге на Сунчевом диску брзо расте. Највећи број Сунчевих пеге појављује се на хелиографским ширинама од  $10^\circ$  до  $20^\circ$ , а

затим се постепено смањује. Трајање померања (дрифта) појаса нестабилних магнетних токова према екватору, а према томе и циклус Сунчевих пега, је око 11 година.

Биполарне области, око "издигнутих" магнетних токова, могу да постану центри активности, извори Сунчевих хромосферских ерупција и других појава које утичу на Земљу и њену атмосферу. Посебно честице, корпускуле Сунчеве атмосфере, које излећу из таквих центара активности изазивају магнетосферске, јоносферске буре, поларну светлост на Земљи, магнетне буре и друге варијације геомагнетног поља.

Према општем моделу магнетног поља Сунца, на северној и јужној поларној зони Сунца, формиране су униполарне магнетне области. На појасевима средњих и ниских хелиографских ширина, распоређене су издужене униполарне, али и знатно јаче биполарне магнетне области. Биполарна магнетна област, на одређеном нивоу свога развоја, може да буде одређена са две тамније области у Сунчевој атмосфери, које се означавају као Сунчеве пеге. Јачина магнетног поља у биполарним областима је пропорционална димензијама Сунчевих пега и интензитету зрачења које прати Сунчеве пеге.

Изнад сунчевих пега и у простору око њих, постоје извори снажног корпускуларног зрачења, који се зову центри активности (А.С.), а који изазивају промене у магнетосфери и промене (часовних вредности) геомагнетне активности.

Центри активности на Сунцу представљају један виши облик организације магнетних поља на Сунцу. Локализовани су у различитим слојевима Сунчеве атмосфере. Поред

Сунчевих пега, у центрима активности могу да се појаве и други структурни облици, који одређују магнетне токове и магнетна поља на Сунцу, као што су факелне површине, Сунчеве хромосферске ерупције, протуберанце и друго.

Сунчеве пеге су области фотосфере Сунца, у којима су вредности температуре, притиска и зрачење мање него у околном простору. Оне настају као резултат локалне концентрације магнетних токова и магнетних поља на Сунцу. То су најлакше опажани структурни облици на Сунцу и говоре о непрекидним променама магнетног поља Сунца. Сунчеве пеге се састоје из тамнијег дела (сенке) и светлијег аморфног дела (полусенке). При преласку тамнијег дела Сунчеве пеге, према светлијем, аморфном делу, и даље, према фотосфери, интензитет Сунчевог зрачења се скоковито мења. Унутар светлијег дела Сунчеве пеге, интензитет зрачења је приближно сталан, а тамна површина Сунчевих пега је област где се вредности параметара Сунчевог зрачења мењају у времену и по интензитету.

Сунчеве пеге се појављују у биполарним магнетним областима, обично на почетку развоја. Најкарактеристичнија особина Сунчевих пега јесте да се ретко опажају као изоловани облици, већ се најчешће сусрећу у групама. Сунчеве пеге нису стално груписане. Оне се развијају и распадају, пролазећи одређени еволуциони пут. Физички смисао појма групе Сунчевих пега састоји се у томе да сви поједини чланови, појединичне пеге, припадају једном истом систему магнетних токова и магнетних поља на Сунцу. На тај начин, у сложеној хијерархији магнетног поља Сунца, група сунчевих пега може да представља индивидуални структу-



рни облик Сунчевог магнетног поља и у свом развоју избија на површину Сунца и ту егзистира.

Групе Сунчевих пега могу да буду различитих димензија. Појединачне пеге у групама могу да имају видљиве угловне димензије, које износе од 2" до 4" (лучне секунде). Ово одговара вредностима од 1 500 до 3 000 km. Велике гигантске групе пега се сусрећу у време максимума Сунчеве активности. Тада могу да имају димензије од 600 до 700 хиљада km.

За просторне карактеристике групе Сунчевих пега, користе се хелиографске координате  $\phi$  - ширина и  $\lambda$  - дужина, на Сунчевом диску. За карактеристику јачине групе пега, користе се различити индекси. Најстарији индекс јесте број пега у групи (то је индекс сунчеве активности  $R_i$  - релативни број, број Сунчевих пега, а представља се као дневни индекс Сунчеве активности). Поред овог броја, користи се и укупна површина групе Сунчевих пега и изражава се у милионитим деловима видљиве полусфере Сунца.

## 5. ВАРИЈАЦИОНИ ПЕРИОДИ КЛИМЕ

Код истраживача која су чинили "београдску климатолошку школу", а којој је с правом припадао Милутин Миланковић, могу да се пронађу анализе промена температуре и падавина за подручје Београда у временском периоду од око 80 година. Према дијаграмима промена температуре и количине падавина, у наведеном временском интервалу, за подручје Београда, могуће је издвојити постојање једног кратког периода у трајању од 2.9 до 3.1 годину; доста ретко два узастопна минимума или два максимума се догађају у 6.0

или 7.0 година (П. Вујевић, 1921; према књизи "Девет храстова", Љ. Опра, 1998).

Поред ових, могу да се пронађу и испитивања повезаности промена температуре и количине падавина, за подручје Београда, са циклусима промене броја Сунчевих пега, као мере Сунчевог зрачења.

"Може се рећи да максимуми Сунчевих пега кореспондирају, генерално, са slabом количином падавина као што максимуми пега иду паралелно са максимумом падавина, у периоду једанаест година варијација климе. Минимум Сунчевих пега је праћен у Београду једном количином падавина, два пута већом него у случају максимума пега. Дакле, јако малом броју пега кореспондира количина падавина три пута већа него максимум пега." (П. Вујевић, 1931; литература, Љ. Опра, 1998).

Анализа повезаности промена климатских чинилаца и метеоролошких параметара са променама индекса Сунчеве активности, поред припадника "београдске климатолошке школе", занимала је многе климатологе.

Владимир Кепен, познати метеоролог и климатолог, успео је 1873. године да утврди статистичком методом везу између промена броја пега на Сунцу и температуре ваздуха (према вишегодишњем низу осматрања на метеоролошким станицама), на целој Земљи. У периоду минимума Сунчевих пега и непосредно иза њега, температура ваздуха је нешто виша него у следећим годинама, када се појављује максимум пега на Сунцу (у књизи "Девет храстова", Љ. Опра, 1998).

У новије време, истраживања америчких тимова соларних физичара (К. Лабицке и Ван Лун, 1987), говоре о анализи квазидвогодишњих осцилација стратосферског ветра изнад екватора (екваторијални ветар). Низови забележених зимских температура поларне стратосфере, оне које су регистроване када је екваторијални ветар дувао са запада, показале су висок ниво корелације са цикличним променама индекса Сунчеве активности за период посматрања од 35 година.

У случају када екваторијални ветар дува са истока (источна фаза квазидвогодишњих осцилација), Сунчева активност и поларна стратосферска температура се налазе у антикорелацији: температуре су високе када је број Сунчевих пега низак.

То даље значи да, када је Сунце на врхунцу циклуса, а екваторијални ветар дува са запада, ваздушни притисак зими тежи вишим вредностима, (такав је случај у унутрашњости САД и Канаде). Упоредо с тим, зиме су хладније на југоистоку САД, а блаже у вишим географским ширинама (нпр. на Аљасци и у Канади).

У истој равни са наведеним резултатима, као потпора испитивању повезаности промена Сунчеве активности и промена метеоролошких параметара, стоје резултати спектралне анализе средњомесечних вредности индекса соларне активности, изражене бројем  $R_i$  (релативни број Сунчевих пега), индекса геомагнетне активности  $K_{sr}$ , регистрованог на Геомагнетској опсерваторији Гроцка и промена температуре ваздуха, за подручје Београда, у периоду од око 30 година. Резултати указују на постојање периодичних промена индекса соларно геомагнетне активности од сезонских, годишњих, до оних

дугопериодичних, које имају периоде од око  $T \approx 43 - 51$  месец,  $T \approx 85$  месеци, односно, у спектру промена температуре ваздуха у Београду, доминирају, поред сезонских и годишњих и оне периоде које трају  $T \approx 16 - 19$  месеци,  $T \approx 36$  месеци и  $T \approx 52$  месеца (С. Михајловић и М. Старчевић, 1994.).

## 6. СОЛАРНО - ГЕОФИЗИЧКИ ПРОЦЕСИ

Истраживања односа између промена соларно-геомагнетне активности и метеоролошких параметара, била су усмерена на посматрања ових појава у једанаестогодишњим циклусима Сунчеве активности. Утврђено је да промене соларно-геомагнетске активности утичу на промене метеоролошких параметара и глобалних типова циркулације атмосфере.

При смањивању соларно-геомагнетне активности (у годинама минималне Сунчеве активности), доминира зонална циркулација, а у годинама максималне соларно-геомагнетне активности доминира меридијална циркулација ваздуха у атмосфери. При егзистенцији описаних типова циркулације ваздуха, делују различити временски и климатски услови, у појединим регионима на Земљи.

Поред ових, посматрани су и краћи ефекти "посведневних" промена соларно-геомагнетне активности на промене услова формирања грмаљавинских процеса на средњим и високи географским ширинама; промене интерактивних процеса у стратосфери и тропосфери (Б. Мак Кормак, 1982).

Испитивања показују да су, у време регистрације интензивних магнетних

бура, забележене промене соларно-геомагнетске активности, које су праћене променама расподеле дневних вредности температуре ваздуха у Београду за наведене месеце. Резултати показују да долази до нарушавања сезонске расподеле дневних вредности температуре ваздуха у оним данима када је регистрована интензивна магнетна бура. Тиме су дневне вредности температуре ваздуха у децембру биле повишене, а у јулу температуре ваздуха су у време буре биле знатно ниже од оних које важе за сезону лета (С. Михајловић и М. Старчевић, 1992).

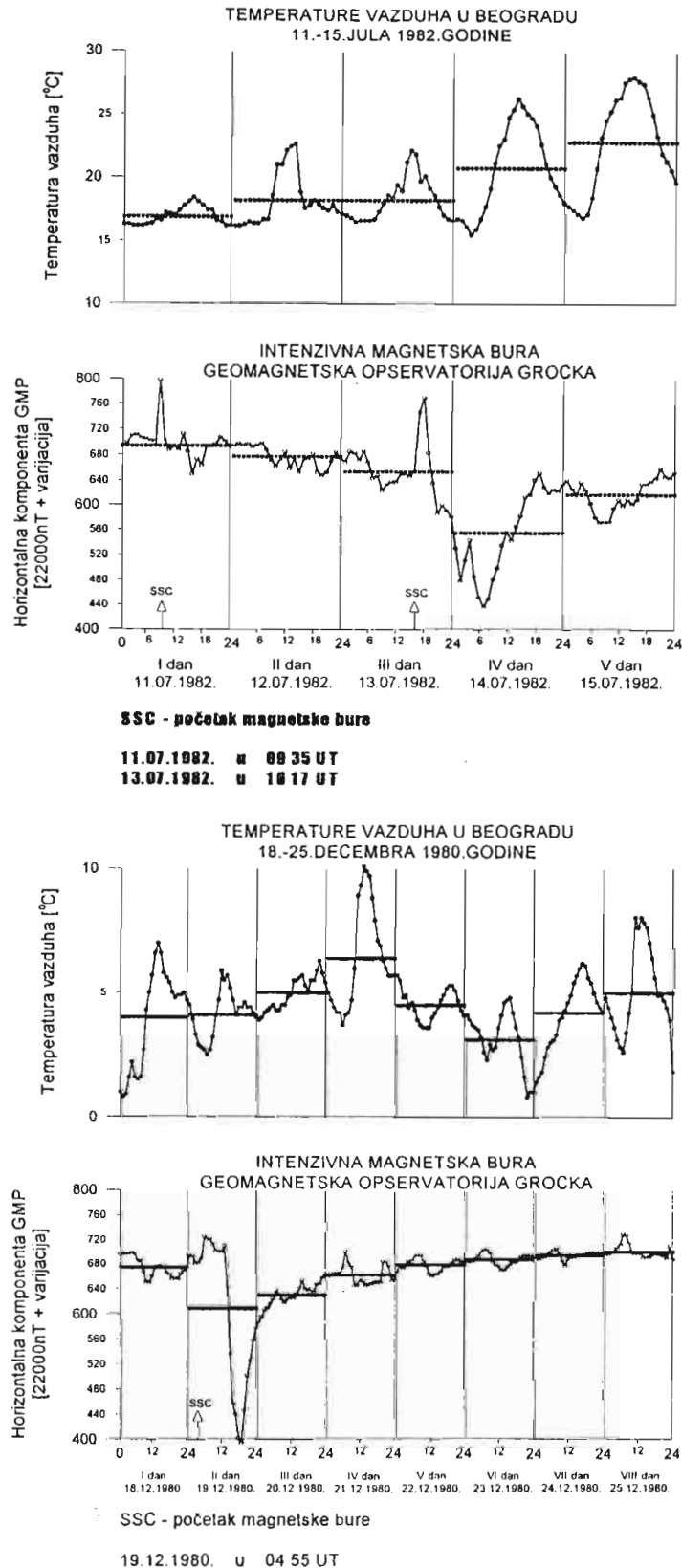
Утицаји промена индекса соларно-геомагнетне активности на структуру промене температуре ваздуха у Београду, могу да се потраже и у расподели часовних вредности.

На сл. 3 приказана је расподела часовних вредности промена интензитета хоризонталне компоненте геомагнетног поља на Опсерваторији Гроцка и температуре ваздуха у Београду, у време интензивне магнетне буре, регистроване у 09 35 UT 11. јула и 16 17 UT 13. јула 1982. године и магнетне буре регистроване у 04 55 UT 19. децембра 1980. године.

У овој анализи расподеле средње часовних вредности интензитета геомагнетног поља, у време регистрације магнетне буре, користи се  $D_{ST}$  варијација која је представљена средње часовним вредностима хоризонталне компоненте. У морфологији  $D_{ST}$  варијације геомагнетног поља, доминира "депресија" или снижење интензитета хоризонталне компоненте геомагнетног поља. Тада је ути-

цај кружних струјних система из магнетосфере и јоносферских струјних токова на магнетно поље Земље највећи. У том случају мењају се односи у магнетном пољу Земље и све се преноси и утиче на јонизацију атмосфере, односно мења се расподела електричне проводљивости у атмосфери. То се огледа у променама закономерности расподеле климатолошких елемената и метеоролошких параметара на станицама и у регијама. Пример регистрације две јулске магнетне буре показује сл. 3. Управо у данима када је регистрована магнетна бура нарушена је структура расподеле часовних вредности температуре ваздуха која важи за ту сезону. У тим данима (11. и 13. јул 1982) температуре у дневним интервалима су ниже од просечних у односу на дане који су претходили геомагнетном поремећају. У ноћном интервалу који прати депресију интензитета хоризонталне компоненте (04 08 UT 14. јула 1982) забележене су ниске часовне вредности температуре ваздуха у Београду. Оваква расподела вредности температуре ваздуха у Београду, у време јулске магнетне буре, праћена је нарушавањем расподеле падавина и интервала осунчања (метеоролошки параметри) у том месецу и сезони.

У време регистрације магнетне буре 19. децембра 1980. године забележено је повећање часовних вредности температуре ваздуха у односу на сезонску вредност температуре ваздуха у тој години, у околини Београда (сл. 3). У дане регистрације интензивне магнетне буре (19 - 25. децембар 1980. године) регистровано је повећање броја Сунчаних интервала.



Сл. 3. Распoдeла часoвних вредности прoмeна интензитeта хoризонтaлнe кoмпoнeнтe гeoмaгнeтнoг пoља и часoвних вредности тeмпeрeтурe вaздyхa, у врeмe интензивних мaгнeтних бурa.

Почетна фаза буре, амплитуде и периоди краткoperиодичних варијација регистрованих у њој одређене су упадом (наиласком) Сунчевог корпускуларног флуksа у магнетосферу. У зависности од хелиографских координата извора Сунчевог корпускуларног зрачења, интензитета и трајања Сунчевог корпускуларног флуksа зависиће амплитуда регистрованог SSC импулса и трајање почетне фазе магнетне буре. Микроструктура варијација, регистрованих у главној фази ових интензивних бура, указује на постојање дугoperиодичних варијација, на које се суперпопују краткoperиодичне варијације геомагнетног поља. Промене спектра дугoperиодичних варијација, или промене апериодичне поремећене варијације геомагнетног поља  $D_{st}$  доводе се у везу са структуром промена критичне фреквенције слоја F2 ( $f_oF2$ ) док траје јоносферски поремећај који "прати" класу интензивних магнетних бура (С. Михајловић, 1996).

Сложени систем промена струјних кретања у магнетосфери и јоносфери, промена магнетног и електромагнетног поља Земље, кроз простор и време се преносе у атмосферске слојеве. Резултат тога је активирање једног динамичког механизма

промена у атмосфери, означеног као додатна јонизација атмосфере или расподела електричног потенцијала атмосфере. Промене електричног потенцијала атмосфере, инициране променама соларно-геофизичких параметара, могу да буду један од модификатора промена климатских елемената.

Веома интересантни су резултати испитивања промена метеоролошких параметара (температуре ваздуха и притиска), на тринаест метеоролошких станица, у субполарној области, у региону геомагнетног пола (GMP - станица Thule), у месецима, када су забележене интензивне магнетне буре (V. Bucha, 1980). У периоду од два до пет дана након регистрације магнетних бура, регистроване су промене дневних вредности температуре ваздуха и притиска на метеоролошким станицама у региону геомагнетног пола. Промене метеоролошких параметара биле су такве да су одступале од сезонске расподеле.

Проток енергије Сунчевог зрачења ( $P_{EM}$ ), који се доводи у везу са променама метеоролошких параметара, може се изразити релацијом (Dessler, 1974),

$$P_{EM} = \pi \times r_E^2 F (1 - A) = 8.9 \times 10^{16} \text{ W} \quad (1)$$

при чему је:

$A = 0,5$  - Земљин алbedo,

$r_E$  - пречник Земље,

$F$  - соларна константа.

За зимску хемисферу добијени су експериментални резултати за вредности соларно геомагнетне (елек-

тромагнетне енергије Сунчевог зрачења)  $P_{EM} \approx 6.0 \times 10^{15} \text{ W}$ .

При "наиласку" Сунчевог ветра на линије сила магнетног поља Земље, енергија Сунчевог зрачења трпи веома мале губитке (не веће од 1.0 до 3.0%). Интерактивни процеси у

магнетосфери, првенствено јоносфери, између енергије корпускуларног флукса и енергије линија сила магнетног поља (магнетне енергије), учествују даље у активирању процеса и кретања у атмосфери, који мо-

дификују и мењају климатолошке и метеоролошке параметре.

Вредност енергије корпускуларног флукса ( $P_c$ ) дата је релацијом (Dessler, 1974),

$$P_c = \left\{ \pi r_M^2 \left[ \frac{1}{2} (\rho V_s^2 + B^2 / \mu_0) V_s \right] \right\} \times 10^{-2} = 5 \times 10^{10} \text{ W} \quad (2)$$

где је:

$r_M$  - пречник магнетосфере,

$\rho$  - густина масе корпускуларне енергије,

$V_s$  - брзина корпускуларне енергије,

$\mu_0$  - пермеабилност (пропустљивост),

$B$  - интензитет (снага) интерпланетарног магнетног поља.

За време интензивних магнетних бура, енергија корпускуларног флукса достиже вредности  $P_{c(\max)} \approx 10^{12} - 10^{14} \text{ W}$ . Енергија овог реда, може да буде описана као "окидач" даљих интерактивних процеса у магнетосфери и јоносфери. Настали процеси и кретања у магнетосфери (струје у области ауроралног електромлаза, јоносферски струјни системи, екваторијални електромлаз итд.), у време повећане соларно - геомагнетне активности, могу да изазову промене брзине кретања конституената у атмосфери.

Да би слика о овим процесима била "ближа", треба рећи да у време појављивања магнетосферских суббура, бивају активирани паралелни струјни (електрични) токови, у региону ауроралног "прстена", интензитета око  $10^4 - 10^6 \text{ A}$ . У области ауроралног прстена, електрична проводљивост је значајно повећана (амплитуда и до пет пута, Акасофу, 1968), што омогућава формирање *Hollove* и *Pedersenove* струје.

*Hollove* струја егзистира у јоносфери, под утицајем електричног поља  $E$  и утиче на појављивање геомагнетних поремећаја, као што су интензивне магнетне буре. Нарочито је доминантан утицај *Hollove* струје и електричног поља  $E$  на депресију, смањивање интензитета хоризонталне компоненте геомагнетног поља нередовне, поремећене *Dst* варијације, везане за магнетну буру.

## ЛИТЕРАТУРА

- AKASOFU S. 1968 : Polar and Magnetospheric substorms; D. Reidel Publ. Comp., Dordrecht, Holland.
- GERMAN Л. Д., ГОЛДБЕРГ Р. А. 1981: Солнце, пагода и климата. Хидрометеоиздат, Ленинград.
- ИВАНОВА И. Н. 1981: Влияние солнечной активности и геомагнитных возмущения на атмосферу. Метеорологија верхнеи атмосфери Земли, Хидрометеоиздат, Ленинград.

- МИЛОВАНОВИЋ Ж. 1991: Сезонски циклус јоносфере, атмосфере и геомагнетске активности. Електротехника, Но. 40, 5-6, 400-404.
- МИХАЈЛОВИЋ Ј. С. и др. 1992: Веза између интензивних магнетских бура и временских фаза. XXXVI Конференција ЕТАН; св. VI-VII, стр. 351-358, Београд.
- МИХАЈЛОВИЋ Ј. С. 1996: Морфологија геомагнетских бура регистрованих на опсерваторијама Југоисточне Европе. (док. дисер.), Рударско-геолошки факултет, Београд, 1-106, Београд.
- МАККОРМАК Б. и СЕЛИГИ Т. 1982: Солнечно - Земле свази, погода и климат; стр. 13-15, 290-293, 152-171.
- ГИРС А. А. 1960: Основи долгосрочних прогнозов погоди, Ленинград, стр. 159-171.
- ГРУБОР Д. и ШУЛИЋ Д. 1997: Концентрација и температура електрона као параметри плазме геопростора. Електрон - сто година открића, св. 6, Београд.
- BUCHA V. 1980: Mechanism of Relations between the Changes of the Geomagnetic Fields, Solar Corpuscular Radiation, Atmospheric Circulation and Climate; Jour. Geomag. and Geoelectr. 32: 217- 264.
- DESSLER A. J. 1974: Some problems in coupling solar activity to meteorological phenomena. National Aeronautics and Space Administration; Simp. Possible Relationships between Solar Activity and Meteor. Phenomena.
- ОПРА Љ. 1998: Девет храстова - Записи о историји српске метеорологије. РХМЗ Србије; Београд.



Симпозијум "120 година од рођења Милутина Миланковића  
и 90 година од доласка на Београдски универзитет"  
Рударско - геолошки факултет,  
25. и 26. новембар 1999. године, стр. 248 - 256, Београд

## МИЛАНКОВИЋ НА ИНТЕРНЕТУ

Владо Милићевић<sup>1,2</sup>, Александар Обреновић<sup>1</sup> и Мирослав Старчевић<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Геоинститут, Ровињска 12, Београд

<sup>2</sup> Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, Београд

Протекло је већ 120 година од рођења великана наше науке Милутина Миланковића и 41 година од његове смрти. Када је био у последњим годинама живота, телевизија је тек правила своје прве кораке у освајању светског тржишта информација. О персоналним рачунарима није се тада ни размишљало. Остаје упамћена изјава стручњака из компаније IBM крајем четрдесетих година двадесетог века да ће светском тржишту бити довољно неколико рачунара и да се не исплати улагати у њихов даљи развој. Данас видимо колико су били у заблуди.

Сигурно да ни сам Миланковић није никада ни помислио да ће једног дана његово име и дело бити доступно милионима корисника широм света преко светске мреже информација назване ИНТЕРНЕТ. Вероватно да би и сам Миланковић био поносан када би могао да се увери колико се о његовом раду пише, а резултати користе у најразличитијим областима.

Аутори овог рада имали су намеру да у кратком осврту покажу при-

сутност Миланковићевог имена на највећој светској информативној мрежи - Интернету.

Преглед заступљености Миланковићевог имена, може се добити полазећи од најједноставнијег приступа: доласком на неки од познатих провајдера и преко претраживача убацивањем имена MILANKOVITCH. Ово се стриктно мора поштовати, јер претраживач не препознаје друга презимена (нпр. Milankovic или Milankovitsh).

Приступом на провајдер Yahoo.com, аутори су се уверили да се на овај начин добија 884 адреса Web страна на којима се могу добити радови аутора из свих крајева света везаних за Миланковићево дело. Треба напоменути да се овај број односи на дан 15. октобра 1999. године и да се он сваким даном увећава. Тако, нпр., у јуну 1999. године на истом провајдеру број адреса везаних за Миланковића износио је 636, а до краја године реално је за очекивати да ће се бројка попети изнад 1 000 информација.



Било је веома тешко приступити сваком раду, јер је потребно јако много времена па су аутори насумице изабрали неколико адреса, руководећи се при томе насловом рада или именима аутора радова.

У даљем тексту, наведено је неколико изабраних радова са оригиналним текстом и сликама, а који

служе као илустрација примене Миланковићевих резултата у разним областима научних истраживања. Пре цитираног текста дате су Web адресе како би читалац у случају интересовања лако могао да их пронађе и даље проучава.

<http://saguaro.la.asu.edu/rcerveniy/visual.html>

Visualization of the Milankovitch Orbital Theory, by Hans J. Wolters, John A. Shaffer, R.S. Cerveniy & R.E. Barnhill

Departments of Computer Science & Geography, Arizona State University  
Tempe Arizona 85287

From the Journal of Geoscience education, Volume 44, number 1 (January 1996), pages 7-12.

A need exists to express and visualize complex theories of climate change, particularly to non-specialists. Policy decisions are now being debated and implemented that involve speculation on climate changes over thousands of years, such as those changes associated with the astronomical climate theory advanced by Yugoslavian astronomer **Milutin Milankovitch**. However, past methods for visualizing the insolation changes linked to the changes in Earth's orbital characteristics (eccentricity, obliquity, and precession) are not easily interpretable by non-specialists and the general public.

A new algorithm that displays Quaternary radiation variations in a multi-color format on a sphere provides an efficient alternative to existing graphical methods. The visual image of a color-coded sphere, as opposed to a line plot, invokes an immediate conceptual relationship between insolation and global climatic changes. We found that new method is particularly beneficial for explaining variations in **Milankovitch** orbital theory to interested professionals and lay people as well as college students in introductory and advanced courses of climate change. As popular discussion and debate continue to focus on climate-change research, improved methods of communication must be developed.

Details of the plotting algorithm are discussed in the J. Geosci. Edu. article.

Here is an animation .GIF image of the sequence from 25,000 B.P. to 10,000 B.P.

<http://deschutes.gso.uri.edu/crutherfo/milankovitch.html>

Milankovitch Cycles in Paleoclimate

Milankovich cycles are cycles in the Earth's orbit that influence the amount of solar radiation striking different parts of the Earth at different times of year. They are named after a Serbian mathematician..

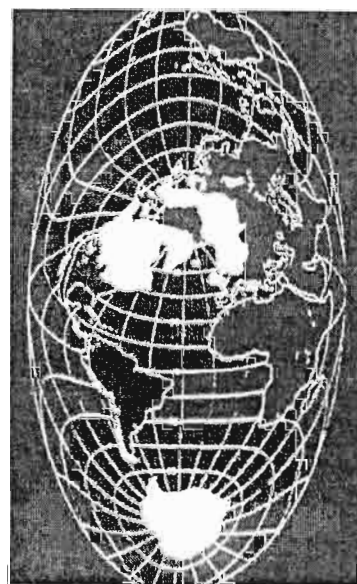
Milankovich cycles are cycles in the Earth's orbit that influence the amount of solar radiation striking different parts of the Earth at different times of year.

They are named after a Serbian mathematician, **Milutin Milankovitch**, who explained how these orbital cycles cause the advance and retreat of the polar ice caps. Although they are named after Milankovitch, he was not the first to link orbital cycles to climate. Adhemar (1842) and Croll (1875) were two of the earliest.

The influence of these cycles on insolation (INcident SOLar radiATION) at different latitudes has been calculated by Berger (1991), and Laskar (1993). Below is Berger's solution for 65 degrees north latitude from the present to 1 million years ago.

In the Northern Hemisphere, peak summer insolation occurred about 9,000 years ago when the last of the large ice sheets melted.

Since that time Northern Hemisphere summers have seen less solar radiation.



<http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/milankovitch.html>

NOAA Paleoclimatology Program

Educational Outreach - **Milankovitch** Theory

The tilt of the earth relative to its plane of travel about the sun is what causes seasons. The hemisphere "pointing toward" the sun is in summer, while the opposite hemisphere is in winter. The earth makes one full orbit around the sun each year. The northern hemisphere is in summer in the left image, while 6 months later, the southern hemisphere has summer, as in the center image. If the earth's axis were "straight up and down" relative to the orbital plane, as in the right-hand image, there would be no seasons, since every point on the earth would receive the same amount of sun each day.

Changes in the "tilt" of the earth can change the severity of the seasons - more "tilt" means more severe seasons - warmer summers and colder winters; less "tilt" means less severe seasons - cooler summers and milder winters. The earth wobbles in space so that its tilt changes between about 22 and 25 degrees on a cycle of about 41,000

years. It is the cool summers which are thought to allow snow and ice to last from year to year in high latitudes, eventually building up into massive ice sheets.

There are positive feedbacks in the climate system as well, because an earth covered with more snow reflects more of the sun's energy into space, causing additional cooling. In addition, it appears that the amount of Carbon Dioxide in the atmosphere falls as ice sheets grow, also adding to the cooling of the climate. The earth's orbit around the sun is not quite circular, which means that the earth is slightly closer to the sun at some times of the year than others.

The closest approach of the earth to the sun is called perihelion, and it now occurs in January, making northern hemisphere winters slightly milder.

This change in timing of perihelion is known as the precession of the equinoxes, and occurs on a period of 22,000 years. 11,000 years ago, perihelion occurred in July, making the seasons more severe than today. The "roundness", or eccentricity, of the earth's orbit varies on cycles of 100,000 and 400,000 years, and this affects how important the timing of perihelion is to the strength of the seasons. The combination of the 41,000 year tilt cycle and the 22,000 year precession cycles, plus the smaller eccentricity signal, affect the relative severity of summer and winter, and are thought to control the growth and retreat of ice sheets.

**What is The Milankovitch Theory?** The Milankovitch or astronomical theory of climate change is an explanation for changes in the seasons which result from changes in the earth's orbit around the sun. The theory is named for Serbian astronomer **Milutin Milankovitch**, who calculated the slow changes in the earth's orbit by careful measurements of the position of the stars, and through equations using the gravitational pull of other planets and stars. He determined that the earth "wobbles" in it's orbit. The earth's "tilt" is what causes seasons, and changes in the tilt of the earth change the strength of the seasons. The seasons can also be accentuated or modified by the eccentricity (degree of roundness) of the orbital path around the sun, and the precession effect, the position of the solstices in the annual orbit.

<http://eos.wdcb.rssi.ru/transl/izva/9405/pap02.htm>

Atmospheric and Oceanic Physics  
Volume 30, Number 5, April 1995  
Russian Edition September -October 1994

On the genesis of global climatic fluctuations during postglaciation

A. V. Kislov  
Moscow State University

Abstract

A simplified atmospheric general circulation model has been used in numerical experiments to investigate the climatic response to variations in insolation at the outer

boundary of the atmosphere and in surface characteristics. In this way, it has been possible to realistically reproduce the dynamics of climate during postglaciation on both global and regional scales. The **Milankovitch** effect plays a key part. Cold stages of late glaciation occurred in response to long-lived cold anomalies in the north Atlantic waters. Climatic fluctuations during holocene are a result of the atmosphere-ocean-land interactions developing against the background of climatic features resulting from the Milankovitch effect.

Figures 4, Tables 2, References 28, Pages 569- 575, Received May 14, 1993

(C) Copyright 1995 by the American Geophysical Union.  
CCC code: 0001-4338/95/3005-0002\$18.00/1

<http://www.cangeo.ca/ND97geomap.htm>

What causes ice ages?

The triggering of ice ages remained a mystery until recent discoveries confirmed that their timing matches recurring changes in the Earth's orbit around the sun. These cycles cause long-term climate changes by altering the amount and distribution of sunlight on the planet.

The effect of the cycles (called the **Milankovitch** Cycles for the Yugoslav mathematician who computed them 75 years ago) was confirmed by the analysis of deep-sea core samples taken in the 1970s.

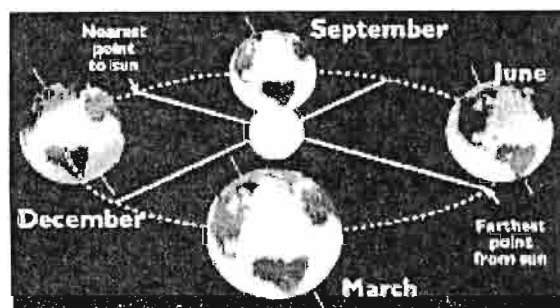
The most significant cycle governs the timing of the seasons -- where along Earth's elliptical orbit the poles tilt toward or away from the sun. The angle of this tilt varies according to a second cycle. In a third cycle, Earth's orbit changes shape from nearly circular to a more elongated ellipse. The first cycle occurs over periods of 19,000 and 23,000 years; the tilt varies over a 41,000-year cycle; and the ellipse changes over periods of 100,000 and 400,000 years.

Summers turn cooler when Earth is farthest from the sun and the axis is less steeply tilted toward it. Unmelted winter snow and ice accumulate from year to year, and an ice age can begin. Debate continues on whether human-induced global warming will alter the naturally occurring climatic cycles.

The colours in these images indicate the amount and distribution of sunlight reaching the planet at various latitudes. Red indicates greater amounts of sunlight; green and blue lesser amounts. Grey indicates areas where calculations could not be made.

Present day

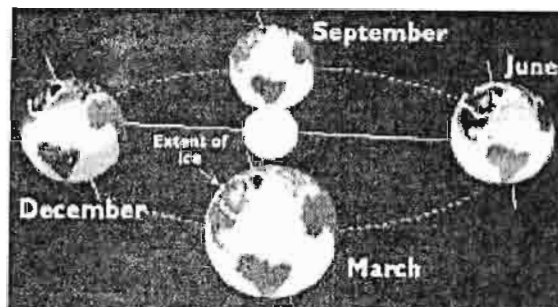
Earth is strongly tilted, creating hotter summers and colder winters. Summer temperatures in the northern hemisphere, however, are moderated



by a long earth-sun distance. Earth's orbit is nearly circular.

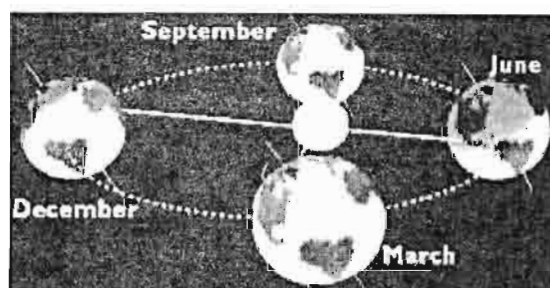
Ice house conditions 20,000 years ago

Cool summers in the northern hemisphere prevent the melting of winter snows. The accumulating snow and ice in turn reflect more of the sun's heat away from Earth's surface, and an ice age is under way. The trigger? During the northern summer, Earth is at its farthest point from the sun. Also, northern latitudes are tilted less steeply toward the sun.



Hot house conditions 125,000 years ago

Orbital conditions create unusual warmth in the northern hemisphere. Summer in the north occurs when Earth is at its nearest point to the sun and the north pole's sunward tilt is at its maximum. Thus the warm summers and extensive snow melting of Earth's last major interglacial period.



These images of the Earth and its ever-changing relationship with the sun are taken from an interactive computer program named Orbits created under the direction of Larry Mayer, the Natural Sciences and Engineering Research Council chair in the Ocean Mapping Group at the University of New Brunswick. The program shows the Earth's orbital position at the equinoxes and solstices, and the consequent amount and distribution of sunlight at any latitude on Earth for any time in the past 10 million years. It can be run through time to show the changing orbits and amounts of sunshine reaching Earth. The Ocean Mapping Group's website is [www.omg.unb.ca](http://www.omg.unb.ca)

<http://www.geol.ucsb.edu/~ckevin/CalPaleo.abstract.html>

CHANGING BOUNDARY  
CONDITIONS: PLIOCENE  
THERMOCLINE STRUCTURE AND  
MILANKOVITCH FORCING IN THE  
EASTERN EQUATORIAL PACIFIC

Cannariato, Kevin G., University of California, Santa Barbara, California 93106

Ravelo, A. Christina, University of California, Marine Sciences, Santa Cruz, California 95064

High resolution (5 kyr) oxygen and carbon stable isotope records of 3 planktonic foraminifer species (*G. sacculifer*, *N. dutertrei*/*N. humerosa* and *G. tumida*) were made from ODP Site 851 in the eastern equatorial Pacific in order to reconstruct past changes in thermocline structure. The site is located at the boundary between the ECC and the SEC with the EUC in the subsurface. The record spans the last 5 Ma which includes significant boundary condition changes such as the closing of the Panama seaway and the initiation of Northern Hemisphere glaciation. The hypothesis that these large changes in boundary conditions changed the sensitivity of tropical climate to **Milankovitch** forcing was also tested.

The model for determining thermocline structure based on the *G. tumida* - *N. dutertrei*/*N. humerosa*  $\delta^{18}\text{O}$  difference, derived from their modern vertical depth habitats, does not seem to hold at this site before 1.5 Ma. The depth ecology of *N. dutertrei*/*N. humerosa* seems to have been different making it an unreliable recorder of ice volume. The oxygen isotopes record a depth migration corresponding to the evolution on the *N. dutertrei*/*N. humerosa* lineage.

The *G. tumida* - *G. sacculifer*  $\delta^{18}\text{O}$  difference, which incorporates sea surface temperature, suggests a shoaling of the thermocline between 4.2 and 3.0 Ma. The modern annual circulation at this site shows a shoaling of the thermocline when the SE trade winds are weakest. Using the modern circulation as an analog, the shoaling from 4.2 to 3.0 Ma is probably related to a decrease in SE trade winds at this time recorded by a decrease in eolian grain size at ODP Leg 138 Sites.

Evolutionary spectral analysis was performed on the oxygen isotope records of all three species. Spectral analysis of the planktonic  $\delta^{18}\text{O}$  records suggest that changes in surface ocean circulation are not linearly related to orbital variations before 3.2 Ma. Some Milankovitch-band frequencies are seen after 3.2 Ma possibly related to the closing of the Panama seaway. The low coherence of the planktonic  $\delta^{18}\text{O}$  records to the Site 849 benthic record suggests that surface ocean circulation changes are not linked to ice volume fluctuations or that this link may be obscured by SST fluctuations, depth migration, or thermocline depth fluctuations.

<http://www.geol.umd.edu/~cgallup/iceages.htm>

Christina Gallup: Ice Ages - The timing of the Ice Ages: Welcome The U/Th geochronometer

About 20,000 years ago, the Earth was in a deep freeze. Huge sheets of ice covered most of northern Europe/Asia and of Canada and the northern United States (extending as far south as Maryland!).

The buildup of ice on land caused sea level to drop over 100 m. The last glacial maximum was not the first of its kind - there have been a series of ice ages over the last 2 million years or so that have waxed and waned at fairly regular intervals. The frequencies of these glacial cycles, as recorded in deep sea sediments (see Hays et al., 1976), have been found to match the frequencies of regular changes

occurring in the ellipticity of Earth's orbit around the sun, in Earth's axial tilt, and in the precession of Earth's equinoxes.

Before it was discovered that the glacial and celestial frequencies were a good match, **Milutin Milankovitch** hypothesized that the orbital changes were the root cause of the ice ages. He reasoned that the orbital variations change the amount of solar heating reaching the high northern latitudes, where ice sheets can nucleate and grow. Thus, when summer heating is low, ice will become perennial and ice sheets will grow, and conversely, when summer heating is high the ice will go back to being annual. This is the Milankovitch theory. Milankovitch calculated the times of high and low solar radiation in the high northern latitudes for the last 1 million years; these are called the Milankovitch cycles and they are now known to within +/- 1 thousand years. If the deep sea sediments show that the glacial cycles have the same frequencies as the orbital cycles, what is there left to do?

Note that the deep sea sediments show matching frequencies, but DO NOT show that when summer heating was high that glacial activity was low! This is because the deep sea record of the ice ages does not have an accurate chronology that can be compared to the timing of the Milankovitch cycles.

Fossil corals provide a record of the glacial cycles by recording past sea levels. In places where tectonic uplift has acted to bring coral reefs out of the sea, such as shown here in Barbados, reefs formed during previous high sea level events are easily accessible.

By using U/Th geochronometry to date these fossil corals we can test whether Milankovitch's prediction for times of low glacial activity corresponding to periods of high summer heating in the upper northern latitudes. In a trip to Barbados in 1991, I stumbled upon an ancient beach deposit at 90 m elevation. The deposit contained coral cobbles in a loose sand (like any that you would find on a modern beach).

My colleagues and I were very excited because the deposit was so well preserved, and we hoped that the corals would provide good U/Th ages of a period of previous high sea level.

The corals from this deposit turned out to provide the most precise and accurate age that has been measured for an interglacial period that occurred 200,000 years ago (Gallup et al., 1994). This deposit was a serendipitous find, as most corals of this age have been too altered to provide useful age information (see A geochronometer under attack).

I also measured U/Th ages in other corals collected on the 1991 trip. After coming up with a model for how fossil corals are altered on Barbados, I determined which ages were accurate within my own data set and in previously published data sets of Barbados corals. The elevations of these fossil corals can be corrected for tectonic uplift, making it possible to determine both an accurate age and an ancient sea level elevation from these samples, as shown below.

The Milankovitch cycles are also shown in this figure as the solid curve.

Milutin would be very pleased to see that times of high sea level (or low glacial activity) do indeed correspond to peaks in summer insolation in the upper northern latitudes. Further, where there is data for the timing of sea level fall after a high sea level event, it appears that there is a lag between the time that summer heating decreases and the time that sea level starts to drop.

ЛИТЕРАТУРА

INTERNET . . .



## ИНДЕКС АУТОРА

Адамовић, Душан	/111/
Вујовић - Михаић, Драгана	/88/
Дачић, Миодраг	/159/
Димитријевић, Милан	/43, 167/
Дуцић, Владан	/199/
Ђорђевић, Александар	/52, 233/
Ђорђевић, Радомир	/216/
Инђић, Милица	/150/
Јанковић, Јовица	/88/
Јовановић, Божидар	/144, 192/
Јовановић, Млађен	/88/
Кнежевић, Слободан	/112/
Костић, Никола	/63/
Кукла, Џорџ	/88/
Курбалија, Јован	/185/
Кутлача, Мирко	/221/
Марковић, Слободан	/88/
Милићевић, Владо	/75, 209, 233, 248/
Миливојевић, Михаило	/101/
Милоградов - Турин, Јелена	/125/
Миловановић, Ненад	/43, 122/
Михајловић, Споменко	/88, 233/
Ненадић, Драженко	/112/
Обреновић, Александар	/248/
Пантић, Никола	/17/
Петровић, Радмило	/178/
Поповић, Ч. Лука	/43, 122/
Протић, Небојша	/63/
Радиновић, Ђуро	/32/
Старчевић, Мирослав	/75, 233, 248/
Стефановић, Драгољуб	/52/
Томић, Миодраг	/13/
Трајковска, Веселка	/167/
Цветковић, Зорица	/159/

## СПОНЗОРИ СИМПОЗИЈУМА

- ❖ МИНИСТАРСТВО ЗА НАУКУ, РАЗВОЈ И ЖИВОТНУ СРЕДИНУ СРЈ
- ❖ МИНИСТАРСТВО ЗА НАУКУ И ТЕХНОЛОГИЈУ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ
- ❖ НИС ЈУГОПЕТРОЛ
- ❖ ЈУГОСЛОВЕНСКО ГЕОФИЗИЧКО ДРУШТВО
- ❖ ГЕОЛОШКА И ХИДРОМЕТЕОРОЛОШКА ШКОЛА „МИЛУТИН МИЛАНКОВИЋ,,
- ❖ ГИМНАЗИЈА ОПШТЕГ СМЕРА „МИЛУТИН МИЛАНКОВИЋ,,
- ❖ ГЕОИНСТИТУТ
- ❖ ГЕОМАГНЕТСКИ ИНСТИТУТ
- ❖ РУДАРСКО - ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ, ИНСТИТУТ ЗА РЕГИОНАЛНУ ГЕОЛОГИЈУ И ПАЛЕОНТОЛОГИЈУ
- ❖ ПИЦЕРИЈА „ГОЛУБ,, Београд
- ❖ ТРМКА КАБЛ, Врњачка Бања

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије , Београд

929 : 5 Миланковић М. ( 063 ) ( 082 )

СИМПОЗИЈУМ „Миланковић - јуче, данас, сутра,,  
( 1999 ; Београд )

Симпозијум „Миланковић - јуче, данас,  
сутра,, , Београд, 25. и 26. новембар 1999. /  
[организатори Симпозијума Рударско - геолошки  
факултет [и] Астрономска опсерваторија ;  
главни и одговорни уредник Владо Милићевић  
[и] Мирослав Старчевић] . - Београд :  
Рударско - геолошки факултет , 1999 ( Београд :

Беопрес ) . - 260 стр. : илустр. ; 30 см

Тираж 300. - Библиографија уз већину радова.  
- Резимеи на енгл. језику уз поједине радове.

ISBN 86 - 7156 - 012 - 0

551 . 58 : 519 . 87 ( 063 ) ( 082 ) 551 . 583 . 7 ( 063 ) ( 083 )

а ) Миланковић, Милутин ( 1879 - 1958 ) -  
Зборници б ) Клима - Математички модели -  
Зборници ц ) Геологија - Палеоклиматологија -  
Зборници

ИД = 79396364