

Зборник радова конференције “Развој астрономије код Срба IV”
Београд 22-26. април 2006,
уредник М. С. Димитријевић
Публ. Астр. друш. “Руђер Бошковић” бр. 7, 2007, 235-246

МИЛАНКОВИЋ: ГРАНИЧНЕ ОБЛАСТИ ИЛИ БЕСКОНАЧНО МУЛТИПЛИЦИРАНИ НИЗ?

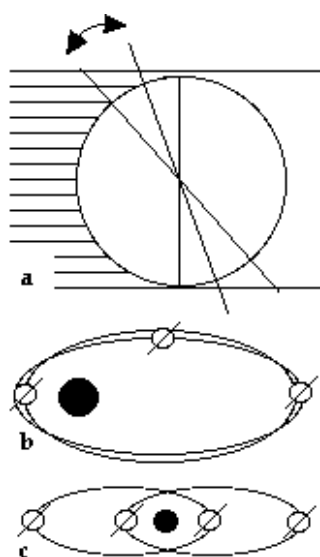
ВЛАДО МИЛИЋЕВИЋ

*K.C. Waunch Petroleum and Consultants Ltd. 3VM
3219 Signal Hill Dr SW, AB Calgary T3H 3T4, Canada
e-mail: vladomilicevic@shaw.ca*

Резиме. И поред привида да је назив скупа који организује Астрономско друштво “Руђер Бошковић” “Астрономија код Срба 4” наизглед локализован, име које се наводи у наслову овог рада то поуздано побија, јер је одавно превазишло оквире српског и постало не само светско већ универзално и свевременско без претензија на сумњу и поновно преиспитивање тачности његових астрономских и математичких прорачуна. Због тога се у овом раду обрађује тематика стварног места, домета и визија које је Миланковић поставио својим, рекли бисмо, каноном без “канона” или погледом без лимитирајућих космичких законитости. Зато се и поставља логично питање: да ли је Миланковић нашао свој “разор обрађених њива” и начинио га својим трајним духовним власништвом или је закорачио у области без краја и са бесконачно мултиплицираним низом и сазнањима? Аутор овог текста је уверен да је Миланковић, трагајући за кварталним климатским променама, истовремено отварао и листао потпуно нове странице неисписаног уџбеника не из једне научне области (климатологија и математичка клима), како се то често наводи, већ је постепено разоткривао нове “разоре” који се могу пројектовати у бројне истраживачке области и науке као што су астрономија, археологија, биологија, геологија, физика, историја људског друштва, екологија и многе друге, а изнад свега космологија и опстанак живог света на матичној планети. У надлазећем времену неминовно све веће климатске и енергетске заострености Миланковићево име и његово дело користиће се као незаобилазни докази и често као полазна основа да би се у том смислу извели чврсти аргументи. Миланковић је, према томе, визионар који је математички продро у кратку геолошку прошлост (квартар), а потом све заоденуо у бесконачну космичку фазу прошлог и будућег.

ПРЕДГОВОР

Да би своје име трајно уткао у златни нучни низ (Демокрит-Аристарх-Коперник-Кеплер-Њутн), Миланковић је себи поставио два основна циља: технику је заменио науком, а затим прецизно дефинисао “празну” научну



Слика 1. Миланковићеви астрономски елементи:
а) нагиб осе ротације,
б) ексцентрицитет и
ц) прецесија.

област за истраживање и освајање. Први задатак је испунио 1909. године када је из Беча прешао на Београдски универзитет, а други је започео непосредно после тога и стрпљиво га градио све до штампања свог животног дела “Канон осунчавања Земље и његова примена на проблем леденог доба“ 1941. године (у оригиналу: *Kanon der erdbestrahlung und seine anwendung auf das eiszeitenproblem*). Тиме је, да се једноставно изразимо, свој део научног аманета у потпуности остварио, али је истовремено остао загонетан и несхваћен за своју генерацију и генерације после њега све до 1976. године када је дефинитивно у часопису *Наука* амерички истраживачки тим (Hays, Imbrie & Shackleton) потврдио да су Миланковићеви астрономски циклуси ”пејсмејкер ледених доба”.

Ипак, и поред бројних књига, уџбеника и мемоара које је оставио за собом, Миланковић није само сагледао моћне фазе надирања и повлачења глацијала нити је пронашао своју ”граничну” област и на њој

трајно остао, већ је поставио сасвим нове научне критеријуме који су захтевали мултидисциплинарни приступ и висок технолошки ниво. Математички ”осетивши” да је његов механизам небеске механике универзалног карактера, могао је несметано да лута у прошло и будуће, са једне на другу планету Сунчевог система, али и да схвати значај сваке емитоване елементарне зрачне честице са Сунца ка њеним планетама и то у најширем временском распону - од једне секунде па све до једног еона.

ПОРУКЕ “КАНОНА ОСУНЧАВАЊА”

Са савременог аспекта посебно је значајно правилно разумети поруке ”Канона осунчавања”, јер су оне очигледно писане за време које тек треба да дође. Миланковић је себе тражио и нашао у већ поменутих граничним областима, (астрономија-геологија-климатологија-математика), али данас је очигледно да су му те области већ тада биле ”тесне” и да је ту научну ”тескобу” елегантно превазишао, доводећи своје прорачуне у директну раван са практично свим напредним сазнањима науке свога доба или у индиректну везу, пројектујући своје резултате у ”време које ће доказати тачност његових прорачуна”. Ову тврдњу поткрепићемо са пет савремених доказа и достигнућа која се данас високо котирају и користе за даљи развој људског друштва, али напомињемо да нису и једина.

Према томе, то су:

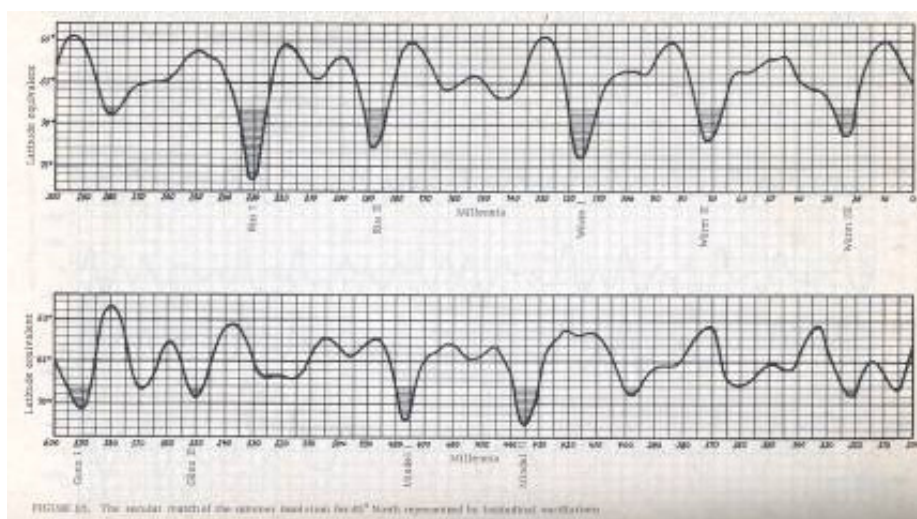
- клима и глобално загревање,
- енергија садашњице и будућности,
- следећих 12000 година (максимум нове глацијације),
- опстанак живог света на планети и
- космички домети и освајање других планета.

КЛИМА И ГЛОБАЛНО ЗАГРЕВАЊЕ

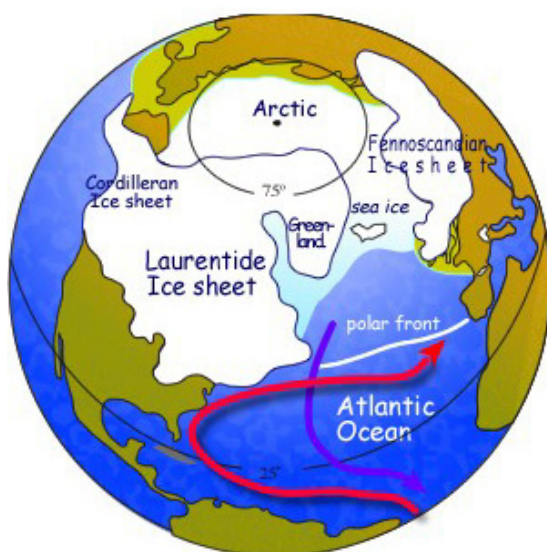
Климатске промене и њен драстични антипод назван "глобално загревање" у директној су супротности са Миланковићевим прорачунима и циклусима осунчавања. Последња фаза глацијације је прешла свој максимум пре 21 000 година и завршила се пре 10 000 година. Од тада до данас међуледена фаза је већ достигла свој врхунац, а планета је лагано кренула ка новој квартарној глацијацији (Вирм 3 у Алпима, Висконсин 2 у Северној Америци или Вичсел 2 на скандинавском полуострву). Наступајућа фаза може да буде катастрофална за угрожене врсте (сибирски тигар, леопард, калифорнијски кондор итд.) и то ће вероватно довести до њиховог дефинитивног нестанка са планете. Слично се догодило у последњој фази глацијације када су са лица планете нестали мамути, мастодонти, сабљасти лав, пећински медвед или амерички леопард. Ови догађаји тешко да имају тесне везе са човеком, иако има и таквих размишљања (истребљивање мамута ради исхране и сл.), али зато не треба сметнути са ума да су исто тако пре краја последњег леденог доба (око 30 000 година пре данашњице) нестали и неандерталци.

Наведени природни ток само је привремено успорен повећаном потрошњом фосилних горива и енормном емисијом угљен-диоксида у атмосфери, али тај процес нема дугопериодични карактер као што га имају Миланковићевци циклуси осунчавања (Kutzbach, 1976). Пошто један према другоме стоје у садашњој пропорцији 1:60, то значи да ће природни ток тек незнатно бити одложен и вероватно је да због тога почетак нове глацијације неће бити постепен као претходни већ скоковит, тј. са повећаним ризицима за опстанак живог света.

Постоје, међутим, и друга размишљања у овом правцу, па чак и тврдње да ће због глобалног загревања доћи до "антропогеног сценарија" у коме ће се сав лед са Антарктика и Гренланда отопити. То ће одложити почетак нове глацијације за читавих 50 000 година (Berger & Loutre, 2002). Ова тврдња је заснована на компјутерској симулацији и односу средњег садржаја угљен-диоксида у атмосфери у времену последње глацијације (износ је био 210 ppm) и садржаја истог гаса за последњих 1000 година (износ је 750 ppm). Према томе, наведени однос је 1:3,5 и уколико је то тачно може имати катастрофалне последице по живи свет (Кнох, 1993).



Слика 2. Оригинална Миланковићева крива осунчавања за период у последњих 600 000 година. Затамњени делови означавају глацијалне фазе. У овом случају Миланковић је прихватио поделу ледених доба која важи за просторе Алпа иако су процеси глацијације били знатно израженији на тлу Северне Америке.

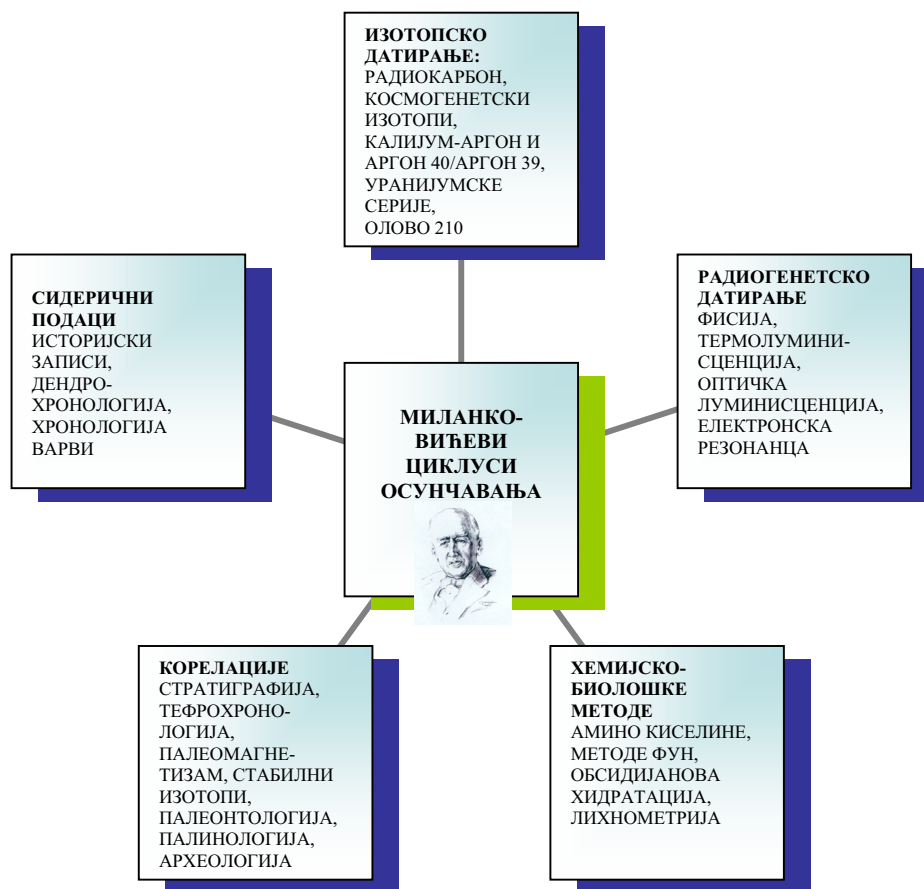


Слика 3. Изглед планете у време последње глацијације. Око 97% данашње територије Канаде било је под ледом.

Колико су Миланковићеве астрономски прорачуни тесно повезани са климом и глобалним загревањем планете доказују бројни радови и цитати, тако да на ту тему треба донети само један закључак: Миланковићева крива осунчавања је једини поуздан математички критеријум за доказ глобалног загревања, а сви други (миграција корала, прстенасти дрвени годови, дијатомеје, отапање ледника, анализе полена, ледени антарктички и гренландски узорци, промена садржаја односа изотопа кисеоника 16 и 18, цикличне промене у лесу, датирање из односа аргона 40 и аргона 39, количина садржаја биотита у вулканском пепелу итд.) представљају тачне пот-

врде наведених процеса у дугопериодичном осунчавању планете.

И поред свих тих разнородних истраживачких метода и научних дисциплина, ипак посебно место у свему овоме заузима квартална геохронологија (види графички приказ) која у основи има Миланковићеве циклусе осунчавања. Из наведене основе она се грана у пет различитих методолошких група, а свака група у различите подгрупе. Све заједно, наравно, као примаран циљ имају разоткривање плеистоценске и холоценске климе да би се што боље разумеле будуће климатске промене (Shackleton & Opdyke, 1973; Shackleton, 1987 & 2000; Shackleton et al., 2000).

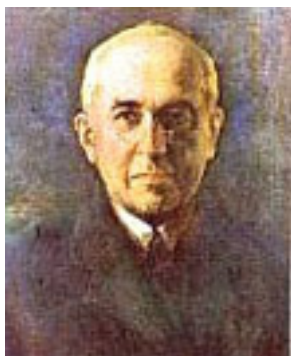


Слика 4. Позиција Миланковићевих циклуса осунчавања у кварталној геохронологији. У корелативне нису назначени педологија, циклостратиграфија, археоманетизам и др. истраживачке методе које тек треба да нађу своје место.

На бази садашњег стања сигурно је да ће тема климе и глобалног загревања још дуго заокупљати пажњу научника, енергетичара, еколога, политичара, али и свих људи на планети.

ЕНЕРГИЈА САДАШЊИЦЕ И БУДУЋНОСТИ

Миланковићев циклус осунчавања на најдиректнији начин упозоравају на предстојећи енергетски проблем. Они не говоре о садашњим загађивачима, већ о потреби за новим и додатним енергијама, јер наступајућа фаза глацијације засигурно доноси територијални губитак или губитак плодног земљишта, миграцију становништва, као и потребу да се обезбеде довољне количине енергетских сировина.



Слика 5. Миланковићев портрет који је Паја Јовановић урадио 1943. године.

Сасвим је поуздано да се начин размишљања из двадесетог века и укупна сировинска потрошња неће моћи примењивати два или три века касније, а да не помињемо један миленијум касније. Све то наводи на један закључак: неминовно ће доћи до знатно веће рационализације и редукције у потрошњи, а цена алтернативних енергија биће вишеструко повећана.

Овако суморна енергетска слика никада се више неће променити, јер се са једне стране ради о необновљивим енергијама, а са друге о повећаним захтевима услед драстичне климатске промене. Уколико се благовремено изврши трансформација на чисте облике енергије (Сунце, биомасе, ветар, геотермална енергија, вода, плима и осека, али и енергија леда или енергија потреса о чему је Никола Тесла размишљао пре 1930. године, а земљотресну машину патентирао 1935. године), тада ће се у доброј мери умањити ефекти редукованог осунчавања. У слику нових енергија неминовно морају да се укључе и природни ресурси са других планета, а најближи томе увек је неизбежни Марс.

И поред свега, енергија сутрашњице неће бити довољна ни за садашњи број од седам милијарди људи на планети, јер ће преко 25% (површина од око $37 \cdot 10^6$ км²) данашњих територија бити изгубљено или под ледом, понегде дебелим и преко 50 м. *Канон осунчавања* недвосмислено упозорава да ће све планине изнад 2000 м бити залеђене што значи да престаје живот у многим данашњим планинским земљама (Швајцарска, Аустрија и алпска Француска у Европи, Непал, Бутан, јужна Кина, Иран, Турска и кавкаске државе у Азији). Исто тако, престаће живот у великом делу северне Европе (скандинавске земље), а у Северној Америци Канада ће задобити изглед данашњег Антарктика. Када планета Земља постане "бела лопта"

искоришћавање не само једног већ било ког њеног облика енергије имаће непроцењиви значај за човека.

Са друге стране, ефекат компензације ће изазвати смањење нивоа Светског мора за скоро 150 м што ће допринети увећању континенталних маса ближе екватору и у тропском и субтропском појасу, а то ће даље омогућити бољи приступ истраживању енергетских ресурса дуж данашњих обалских линија и још дубље у данашња мора и океане. Ово ће бити од посебног значаја, јер се на континенталном прагу често пута налазе значајне количине нафте и природног гаса који и поред свега никада неће моћи да се одбаце или замене као продукти "прљаве" технологије.

Не треба сметнути са ума ни велике и празне просторе данашње пустиње Сахаре која ће са променом климе постати највећа житница на свету (принцип зелена Сахара прошлости - зелена Сахара будућности?). Исто то важиће и за Арабијску и друге пустиње, а у долине Нила, Тигра и Еуфрата поново ће се стећи нова цивилизација да поврати древни сјај (циклични трансфер знања).

СЛЕДЕЋИХ 12000 ГОДИНА (МАКСИМУМ НОВЕ ГЛАЦИЈАЦИЈЕ)

Када се наводи време од наредних 12 миленијума, човек 21. века има право да се запита од каквог је то значаја за њега. Са краткорочног аспекта, колико траје један људски живот, може да се закључи да нема никаквог, али, како је елементарна и нагонска обавеза одржање и продужетак врсте, јасно је да тих 12 миленијума представљају незаобилазну сутрашњицу и нове изазове.

Користећи своје дијаграме осунчавања, Миланковић је начинио скок у будућност, све до следеће фазе глацијације. Тај лагани ход, како га је он назвао, треба да се одигра у наредних 12000 година када ће се започети ново ледено доба. Ово представља природни ток или небески механизам без човековог утицаја (Imbrie et al, 1993a; Imbrie et al, 1993b).

Човеков негативан утицај, међутим, довешће до одлагања ове фазе, како је већ речено, а у којој ће се мери то одлагање одразити зависи искључиво од сировинских резерви. По већини прорачуна човек неће моћи да одржава садашњи висок темпо ни истраживања, а ни експлоатације, пре свега, фосилних горива и ту лежи основна поента. Ово лимитирајуће време економски стратеги процењују на највише 50 година, док енергетичари тврде да ће се резерве фосилних горива исцрпсти већ у наредних 150 година експлоатације. Да ли је човек у стању да за ово релативно кратко време толико негативно делује и лед са Гренланда, а посебно Антарктика у потпуности отопи када се зна да је његова старост 10 милиона година и дебљина на неким местима и преко 2 км (Logius et al, 1990)? И поред свега, далеко нам је ближи Миланковићев канонски прорачун који у жижу збивања поставља астрономске елементе и интеракцију Сунца и Земље (Миланковић, 1941 и 1997; Imbrie et al, 1992).

На тему наредног леденог доба има, нажалост, и таквих спекулација која говоре да је оно већ започело или ако није биће у наредних 10 година (Felix, 1999). Као доказ наводе се изузетно ниске температуре у Кини почетком јануара 2006. године, снег у Саудијској Арабији крајем 2005. или најхладнији децембар исте године на британском острву у последњој декади, најхладнија децембарска ноћ у Њу Делхију у последњих 70 година итд. Глобално загревање се одбацује као такво и замењује глобалним загревањем океана услед повећаног броја активних подморских вулкана. Најновији пример је вулкан удаљен око 1100 км североисточно од Токија, а његова активност је забележена 3. јула 2005. године. Као крунски доказ наводи се и новооткривени средњоокеански гребен или гигантски планински ланац Гејкел око 5 км испод површине Северног леденог (Арктичког) океана који загрева воде овог океана. Исто тако, за доказ се узима и велики помор риба и планктона као резултат ових активности.

Нећемо се даље упуштати у доказе скорог или одложеног доласка новог леденог доба, јер би се тиме изгубио ефекат овог рада, али зато као закључак може да се каже да данас практично сви, и они који заступају тезу изненадног и брзог удара леденог доба и они који то виде сасвим супротно, подједнако и неоспорно користе Миланковићеве циклусе осунчавања да би дошли до поузданих аргумената за своје тврдње.

ОПСТАНАК ЖИВОГ СВЕТА НА ПЛАНЕТИ

У читавом следу догађаја ово питање је најдраматичније и са собом носи неизмерне и трагичне последице. Сасвим је поуздано да ретке врсте неће издржати хладни талас, јер све указује да ће почетак нове глацијације бити скоковит, а средња годишња температура треба да падне за 5-8°C на 1000 година. Ова холоценска катаклизма суштински неће представљати никакав изузетак већ, напротив, континуитет нестанка старих врста и појава нових.

Ако пажљиво анализирамо садржај кисеоника 18 у последњој глацијацији Вирм, уочићемо да је биолошки опстанак био у тесној вези са климатским променама. Највећи број врста нестао је у временима пре 75 000 и 30 000 година када су се смењивала међуледена и ледена доба. Ово би могли да назовемо критичним климатолошким фазама и таква једна је пред нама.

Једно од основних питања могло би да гласи: колико ће та промена да погоди човека? Да ли га може довести до ивице опстанка? Дуготрајно захлађење може да изазове процес проређивања и смањења популације, али број људи не може да сведе на критичан. За тако нешто потребно је да се испуни више катаклизматичких услова, а основни су дуготрајно екстремне ниске температуре и повећана загађеност атмосфере.



Слика 6. Крива промене средње температуре за последњих 130 000 година (глацијација Вирм) добијена на основу промене садржаја кисеоника 18.

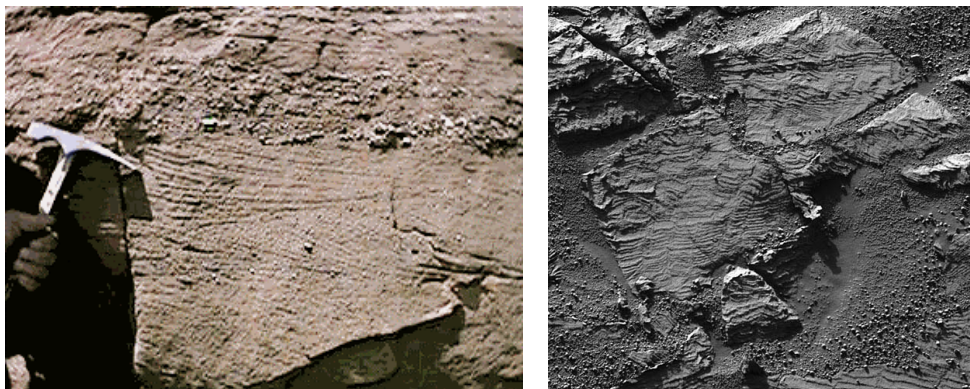
Пошто човек често пута истиче себе као "савест" планете или хумано биће чија је дужност да помогне другим бићима, а посебно угроженим, ново ледено доба биће истински тест у том смислу. Идеја "замрзнутог зоо врта" ипак није адекватан одговор, јер не представља саставни део екологије или заштите животне средине већ медицине и биологије. И даље сматрамо да су национални паркови или резервати за животиње много боље решење, а да је систем лабораторијског развоја прикладнији биљном свету.

Колико ће, пак, моћи да се заштите северне шуме (посебно сибирске и канадске) остаје велика непознаница и сви су изгледи да ће у том смислу човек морати да поднесе свесну и непроцењиву жртву.

КОСМИЧКИ ДОМЕТИ И ОСВАЈАЊЕ ДРУГИХ ПЛАНЕТА

Нећемо ништа ново рећи ако наведемо да је ово питање било предмет сталних Миланковићевих размишљања. Исто тако није ни новост уколико кажемо да је доследно користио своје знање из небеске механике да би што више разоткрио тајне појединих планета. Његови мотиви били су превасходно научни и истраживачки, али у даљој будућности то неће бити случај, јер ће све бити подређено економском ефекту, профиту, обнови старих или освајању нових облика енергије.

На путу космичких освајања и истраживања први ће бити Марс, премда то не значи да је у питању енергетски најперспективнија планета у Сунчевом систему. Човек је још поприлично удаљен од сазнања која би му недвосмислено указала на најбољи космички правац истраживања и у том погледу астрономија може да одигра запажену улогу.



Слика 7. Упоредни приказ сличних стенских средина: а) пешчари из Јуте (САД) са тзв. ”фестунсима” и б) снимак танких слојева или ламина на ободу Еребус кратера на Марсу (датирано од 2. јануара 2006. године). Обе средине указују на дејство воде.

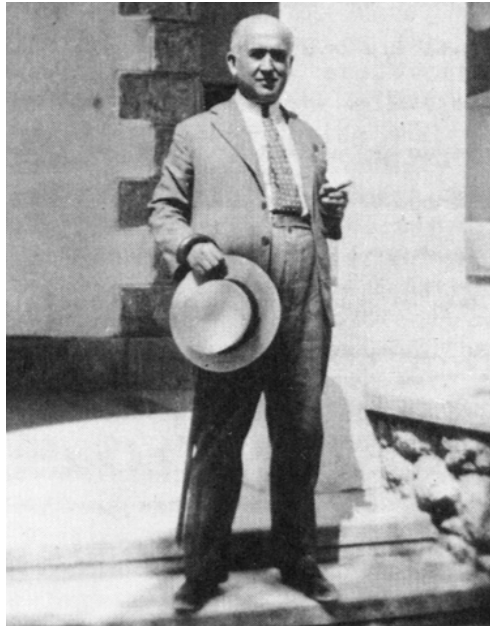
С обзиром да је Марс већ увелико постао предмет истраживања то ћемо се овом приликом задржати само на њему.

Данашња упорна потрага за доказима постојања воде у некадашњем развоју Марса у суштини је трагање за хемијским процесима (минерал хематит), јер се тиме истовремено доказује да су водене средине могле бити активни доносиоци корисних сировина. Уколико се пронађу докази да су постојале реке, језера, а још више мора и океани, тада су перспективе у погледу успешних истраживања у доброј мери увећане, а уложене инвестиције оправдане. На овом путу још нису пронађени трагови или могући остаци некадашњег света, било као макро било као микроорганизми, иако су такве могућности у неколико наврата наговештаване. Фосилни остаци, уколико их има, одиграли би једну од пресудних улога и дефинитивно би отклонили многе присутне дилеме о развоју планете и живота на њој, али и показали којим истраживачким путем треба наставити даље.

Пошто је Марс одавно прешао стадијум зрелости и, како Миланковић каже, давно презрео, јасно је да су многи трагови некадашњих активности прекривени секундарним или ерозивним материјалом. То у доброј мери прекрива и камуфлира стварно стање и отежава тачну процену колико је Марс перспективна планета.

Код свих истраживачких поступака полази се од премисе да оно што се догодило на Земљи треба да буде и на Марсу (види упоредну слику као један пример). Ово може бити тачно, али и потпуно погрешно, па је зато најпоузданије да ће сви снимци који буду емитовани из различитих типова самоходних или компјутерски навођених возила имати само квантитативни карактер. Следећи важан корак биће детаљно картографисање и геолошка (марсовска) проспекција терена и тек када се постави и избуши прва

бушотина на тлу ове планете, почеће потпуно нова ера истраживања којом се неће само стећи квалитативни подаци већ и директно доћи до жељеног облика енергије или корисне минералне сировине.



Слика 8. Милутин Миланковић (1879-1958).

ЗАКЉУЧАК

Према свему изложеном јасно је да је Миланковић, трагајући за граничним научним областима или међудисциплинарним доменима, нашао потпуно оригиналан пут, али и поставио универзалан математички и космички модел. Тиме је отворио бесконачно мултиплицирани низ, јер резултати његових прорачуна могу да се инкорпорирају у бројне научне области, али и оно најважније што називамо опстанком живих бића на планети и у Сунчевом систему. Под врхом његове оловке није се само разоткривала квартарна клима и бурни планетарни плиоценски догађаји, већ све оно што нас чека у будућности. Због тога је његов *Канон осунчавања* толико драгоцен и примењив када се говори о глобалном загревању и загађењу биодиверзитета, енергији будућности или енергији других планета, периоду наредне глацијалне фазе, трајању живота на Земљи, космичким донетима, планетарним ризицима и катастрофама и, једном речју, универзалним законима одржања.

Из астрономске и математичке колевке развио се геније Миланковића. Он је астрономији узвратио трајним доприносом, а затим су дошли други и "украли" јој бисер да би обасјао прошло и будуће време, постојање и

одржање живота, планета и међупланетарних простора, једном речју, да би постао власништво свих и за сва времена.

Оно што никада неће моћи да се отргне то је Миланковићево српско порекло и његово вечно и почасно место у астрономији код Срба.

Литература

- Berger, A. and Loutre, M. F.: 2002, "An exceptionally long interglacial ahead?" *Science*, **297**, 1287-1288.
- Imbrie, J. (ed.): 1992, "A good year for Milankovitch", *Palaeoceanography*, **7**, 687-690.
- Imbrie, J. and 18 others: 1993a, "On the structure and origin of major glaciation cycles. 2. The 100,000-year cycle", *Palaeoceanography*, **8**, 699-735.
- Imbrie, J., Mix, A. C. and Martinson, D. G.: 1993b, "Milankovitch theory viewed from Devils Hole", *Nature*, **363**, 531-533.
- Knox, J. C.: 1993, "Large increases in flood magnitude in response to modest changes in climate", *Nature*, **361**, 430-432.
- Kutzbach, J.E.: 1976, "The nature of climate and climatic variations", *Quaternary Research*, **6**, 471-480.
- Lorius, C., Jouzel, J., Raynaud, D., Hansen, J. and Le Treut, H.: 1990, "The ice-core record: climate sensitivity and future greenhouse warming", *Nature*, **347**, 139-145.
- Milankovich, M.: 1941, *Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das eiszeitenproblem*, Koniglich Serbische Akademie, 133, 1-633, Belgrade.
- Миланковић, М.: 1997, *Изабрана дела 1-7, Канон осунчавања Земље и његова примена на проблем леденог доба I и II; Небеска механика. Историја астрономске науке; Кроз васиону и векове. Кроз царство наука; Стиси из историје науке; Чланци, говори, преписка; Успомене, доживљаји и сазнања*, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
- Pond, D. and Baumgartner, W.: 1995, *Nikola Tesla's earthquake machine*, Message Company, 1-176.
- Shackleton, N. J.: 1987, "Oxygen isotopes ice volume and sea level", *Quaternary Science Reviews*, **16**, 1835-1890.
- Shackleton, N. J.: 2000, "The 100 000 year ice age cycle identified and found to lag temperature carbon dioxide and orbital eccentricity", *Science*, **289**, 1897-1902.
- Shackleton, N. J., Hall, M. A. and Vincent. E.: 2000, "Phase relationships between millennial-scale events 64000-24000 years ago", *Palaeoceanography*, **15**, 565-569.
- Shackleton, N. J. and Opdyke, N. D.: 1973, "Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of Equatorial Pacific core V28-238: oxygen isotope temperatures and ice volumes on a 105 and 106 year scale", *Quaternary Research*, **3**, 39-55.
- Felix, R.: 1999, *Not by fire but by ice: Discover what killed the dinosaurs... and why it could soon kill us*, Sugarhouse Publishing, 2nd ed., 1-254.
- Hays, J. D., Imbrie, J. and Shackleton, N. J.: 1976, "Variations in Earth's orbit: pacemaker of ice ages", *Science*, **194**, 1121-1132.

BORDER SUBJECTS OR INFINITELY MULTIPLICATED SERIES

Search of great Serbian scientist Milutin Milanković for border and interdisciplinary scientific subjects as well as his work and results are discussed.