

ГЛАС

СРПСКЕ КРАЉЕВСКЕ АКАДЕМИЈЕ

СХVII

ПРВИ РАЗРЕД

53



1926.

ГРАФИЧКИ ЗАВОД »МАКАРИЈЕ« А. Д. — БЕОГРАД-ЗЕМУН

КАЛЕНДАР ЗЕМЉИНЕ ПРОШЛОСТИ

ОД М. МИЛАНКОВИЋА

(Приступна академска беседа прочитана на свечаном годишњем скупу
Академије 7. III. 1925.)

Историја народа носи незаслужено назив светске историје, јер је давно пре ~~онога периода времена~~ од неколико хиљада година који је та историја обухватила својим испитивањима, постојао људски род, а давно пре овога живи свет. Тако је историјско доба само ~~један~~ малени делић у животу човечанства. Разне ископине сведоче да је давно пре историјскога доба живео човек на Земљи, а из његових заосталих алата, оруђа и оружја, па и из његових властитих земних остатака, створена је наука преисторије која нам прича како је и какав је човек живео у то древно доба. Тај се период прошлости губи у давнини која је минула пре неколико стотина хиљада година. Колико год да нам овај интервал изгледа огроман, он је у ствари само један часак у животу наше Земље. Јер пре но што се је човек појавио на њеној површини, било је на њој живота и догађаја, преживеле су на њој безбројне генерације створова које су се постепено мењале у своме облику од једноставнијег ка савршенијем, а човечји род је само најмлађи огранак на великом стаблу живота. О томе нам свему говоре Историјска Геологија и Палеонтологија. У наносима и талозима прастарих времена открили су геолози окамењена и поугљена животињска и биљна царства, одредили њихове особине, начин живота и ред по којем су једна друго наслеђивала на Земљиној кори која је такође без престанка мењала своје лице.

Свима тим наукама о прошлости потребно је, за јасно описивање догађаја који су се у њој одиграли, средство мерења времена којим би се могао одредити временски размак тих догађаја од садашњости и међусобно. Историји служи у ту сврху календар. То је, у ствари, једна временска скала, па се помоћу њених елемената, године, месеца и дана и његових делова, одређује доба када се је који догађај историје одиграо.

Преисторији и геологији није до сада пошло за руком да догађаје које оне описују вежу за једну апсолутну временску скалу, него су само успеле да колико толико одреде ред и узастопност тих догађаја, да их у неку руку нумеришу, задовољавајући се при одређивању временских размака између тих догађаја несигурним нагађањима. Зато слици прошлости коју су те науке нацртале недостаје временски релеф, она нема временске перспективе. До недавно се мислило да ће то остати вечити недостатак Земљине Историје, и један од најзаслужнијих историчара Земље, Walther, је резигнирано уздахнуо: »Мораћемо, и ако тешка срца, напустити паду да геолошке догађаје послажемо по годинама, вековима и милионима година.«

Но наука се не сме задовољити таквом резигнацијом. Она се није ни задовољила. Питање старости наше Земље, њене љуске и слојева није само ствар геологије него и астрономије и геофизике. Зато су и те науке ставиле то питање у свој задатак. Физика је у томе правцу учинила већ доста напора. Енглески физичари баве се већ преко пола века проблемом да, помоћу закона који регулишу појаве хлађења и скрутњавања, рачунским путем одреде старост Земљине коре, а и ја сам се сâм тим питањем бавио и показао да је та кора у свакоме случају старија од 122 милиона година, јер је толико времена потребно да сва она латентна топлота која се ослобађа скрутњавањем некада житке земљине коре и хлађењем на њену садашњу температуру прође кроз ту кору и ишчезне са њене површине.

Тако нам је физика дала прве податке о величинама временских интервала којима се мери старост наше Земље, но она се није зауставила на овоме успеху. Када је пронађен радиум и када су упознате све манифестације радиоактивних супстанција, увидело се да крајњи узрок тима појавама лежи у интраатомским процесима распадања субстанције. Тачни опити и високо развијена теорија показали су да се ти процеси распадања не могу ничим ни убрзати ни успорити него да се они врше по неминовним, строго математским законима. Ако, дакле, постоје минерали у којима се врше такви процеси, а који чувају у себи све продукте тога распадања, онда нам они представљају сваки по један савршено тачан сат у којем нам количина споменутог продукта игра улогу сказаљке која се

креће математском тачности. На таквом сату можемо, дакле, директно очитати старост слоја у којем је настао.

Тако то изгледа у теорији, но у пракси је ипак другачије, а ево зашто. Прво, ~~и прво~~ ми нисмо сигурни да је минерал баш у ономе слоју Земље настао где смо га нашли, његова старост не мора бити старост слоја; друго, ~~и друго~~ тешко је утврдити да је тај минерал очувао у себи без губитка све продукте радиоактивнога распадања који су се у њем створили. Ако је каквим догађајем један део тих продуката одстранен из минерала, онда је тај догађај померио сказаљку нашег сата у натраг. Имамо, дакле, у ствари савршен сат у рукама, али нисмо сигурни да је у право време навијен и да му страна рука није померила сказаљку. О тачности овога сата моћи ћемо се, дакле, тек онда уверити ако га узмогнемо сравнити са којим другим сатом друге конструкције. Зато је, не само по себи него и у вези са овим, важно питање да ли има и других могућности за тачно одређивање времена догађаја из земљине прошлости.

Задатак је овога предавања да покажем како се у томе правцу могу искористити тековине небеске механике и како се ~~се~~ може, тим путем, доћи до астрономског календара Земљине прошлости.

Наш обични календар није у суштини друго него опис и бројање ифесних астрономских појава. У његовим елементима дану, месецу и години, оличене су астрономске појаве ротације Земље, обилажања Месеца око Земље и Земље око Сунца. Прва од тих ствара промену дана и ноћи, друга Месечеве мене, а трећа ствара, у вези са нагибом Земљине осе, годишња доба. Те су појаве тако јаке да регулишу наш физички живот и живот целе природе. Тако је целокупна наша хронологија везана за небеске појаве, а ове се одигравају по егзактним математским законима које нам је открила Астрономија и омогућила тако стварање егзактних календара.

Закони Астрономије тако су тачни и добро нам познати да помоћу њих можемо средити и доба оних историјских догађаја од којих нам не остаде забележен ни дан, ни месец, ни година, па ни веће календарске јединице (н. пр. олимпијада), али који су везани за какову нарочиту небеску појаву, н. пр. за какво помрачење Сунца. Тако је, да наведем један конкретан случај, сачуван у Херодоту опис једне битке између Лидијаца

и Медејаца која је била прекинута тоталним помрачењем Сунца. Тај једини податак о добу омогућио је да се одреди датум и година те битке која се морала десити 28 маја 585 године пре Христа.

Тако су се помрачења Сунца показала као драгоцену средство за одређивање и проверавање датума историјских догађаја, па због тога бечки астроном *Oppolzer* није жалио труда да израчуна и у своме »канону« саопшти времена свих помрачења Сунца и Месеца која су се десила за минулих тридесет векова, остављајући историчарима да их идентификују са њим помрачењима о којима постоје историјска сведочанства.

Но све ове астрономске методе одређивања времена изгледају, макар на први поглед, неупотребиве за догађаје пре историје и оне које су им у дугом веку наше Земље претходили. О тима догађајима нема записа и човекових сведочанстава. Али природа сама ствара своје записе. Свакоме је познато да она у пресеку стабала оставља забележену сваку годину њиховог раста. Она то чини у извесним приликама и у наносима глечерских река и бујица, па је та околност омогућила скандинавском научнику *De Geer-y* да одреди старост слојева и датира промене климе и флоре у Скандинавији за минулих 10 хиљада година.

Даље се није могло да иде том методом, јер векови уништавају и бришу трагове што их годишња доба остављају на површини Земље, другим речима: промене, изазване годишњим добима, сувише су краткога века, да би оставиле тако дубоког трага који би преживео стотине векова. Зато се намеће питање да ли кретање наше Земље има сем године још какову другу периоду која би због своје величине оставила виднијег трага на лицу Земљивом.

Ово је питање, у обрнутом смислу, стављено на дневни ред већ пре 80 година. Тада је већ било неоспорно геолошки доказано да се је клима наше Земље у прошлости осетно мењала и да су те климатске промене нашле најјачега израза у такозваним леденим добима, када су глечери и снежне пољане покривале велике делове Европе и Северне Америке да се неколико пута повуку према северу и планинским висовима и опет спусте ка југу и у долине. У то доба учињени су први покушаји да се те појаве објасне астрономским променама. Да видимо у чему је ствар!

Као што је познато, Земља се креће око Сунца по једној елиптичној путањи. Услед привлачне снаге других планета, та путања није стална него мења полако и постепено свој положај и своје димензије. Исто тако и оса око које се Земља обрће мења полако своју оријентацију у простору. Небеска Механика, једна од најлепших егзактних наука, омогућава нам, да на стотине хиљада година у напред и у назад израчунамо и пратимо корак у корак све те промене које ћемо у кратку назвати променама астрономских елемената. Није потребно нарочито образложивати да те промене, и ако су сужене у извесним границама, не могу остати без уплива на Земљину климу. Свакоме ће бити јасно да она лета у којима се будемо налазили ближе Сунцу него сада, и за време којих сунчани зраци буду падали стрмије на наше крајеве, морају бити топлија него садања што су. То се је увиђало већ и пре 80 година. Мађутим сви покушаји да се астрономским путем објасне споменуте климатске промене, а који су познати под именом астрономских теорија ледених доба, остали су толико безуспешни да их је 1908 године познати бечки метеоролог *Hann* све заједно одбацио, изјављујући да се са астрономског гледишта може пре закључивати на константност Земљине климе, него на њену варијабилност.

Суд *Hann*-ов био је само у пола тачан. Он је имао право што је одбацио све дотадање астрономске теорије ледених доба, али његов општи закључак, да се помоћу астрономије та доба не могу ни по својој суштини растумачити и да астрономија захтева непроменљивост Земљине климе, био је погрешан. Споменуте теорије нису могле због тога ништа доказати што нису биле доста ригурозне и што нису водиле довољно рачуна о свима астрономским чињеницама које утичу на ток проучаване појаве. Научници који су се тим питањем бавили нису били довољно ни физичари ни астрономи и нису владали као што треба математским алатом који је потребан за решење тога проблема. Зато сам ја већ пре 12 година указао на потребу да се цело то питање савесније и свестраније проучи и посветио му седам година научнога рада.

Колико је то питање замашно, сведочи то да је његова математска теорија, истина постављена на тако широку базу да се је могла приметити и на испитивање климата и других планета, обухватила једно засебно научно дело од 356 страна.

Но тиме није било све урађено, него је извршена прва половина посла. Испитивање климе Земљине прошлости изискава сарадњу двеју разних научних дисциплина, астрономије и геологије. Астроном има да, полазећи од неоспорних чињеница и неминовних закона небеске механике, егзактним математским језиком опише вековне »секуларне« промене распореда сунчане топлоте на површини наше Земље, т. ј. оне главне факторе који стварају температурне појаве на Земљиној површини и у њеној атмосфери, а геолог има да резултате тих рачуна сравни са документима Земљине Историје. Те документе астроном нећна да чита. Овај је случај исти као и онај датирања историјских догађаја помоћу помрачења Сунчевих и Месечевих. Астроном је у стању да израчуна сва помрачења која су се десила за време историског доба, али је само историчар у стању да податке астронома сравни са документима историје и да датуме астронома веже на историјске догађаје. Па као што се *Oppolzer* у своме канону ограничио на астрономска израчунавања, остављајући историчарима практичну примену његових рачуна, тако сам се и ја, у моме раду, чувао да прекорачим област егзактне астрономске науке. Зато сам, као што рекох, урадио само половину посла, чекајући да га историчари Земље продуже.

Нисам морао дуго чекати. Годину дана иза публикације мога дела добио сам позив од познатог немачког климатолога *Körppen*-а да на темељу опште теорије, изложене у моме делу, израчунам што егзактније све промене оне сунчане топлоте која је у току последњих 650 хиљада година падала на 55, 60 и 65 степен северне географске ширине, дакле на ону зону наше Земље где се одиграо главни чин ледених доба.

Када сам моје рачуне довршио и графички представио, они су говорили ово:

У току споменутих шест и по стотина хиљада година мењале су се веома осетно оне топлотне количине које за време летње полугодине Сунце шаље споменутиим географским ширинама. Уочимо једну од њих, н. пр. ону 65 степена, па корачајмо у мислима из садашњости у прошлост, то доживљујемо ово.

Лета бивају све топлија и топлија, 9500 године пре Христа је на уоченој географској ширини тако топло као сада 520 km јужније. Прекорачивши ту годину долазимо у периоду све хладнијих лета која су 20400 године пр. Хр. тако хладна као

сада 320 km северније. Корачајући даље долазимо опет у једну периоду топлијих лета, но иза ње лета постају опет све хладнија, и то сада тако осетно да су 70000 године толико хладна као сада што су пуних 800 km северније. Онда се термичке прилике опет поправљају, да се године 114000 поврати скоро иста јака хладноћа.

Било би заморно када бих продужио и са овако сумарном реконструкцијом резултата мојих рачуна. Цифре замарају увек, зато ћу оно што морам о њима рећи представити у овом облику.

Изгледа као да се неки таласи топлоте и ладноће наизменично котрљају преко Земљине површине. Ток тих термичких таласа врло је неправилан, јер се они разликују не само по својој јачини него и по своме трајању. За време оне хиљаде година коју полови година 9500 пр. Христа уздигао се је над Северном Европом један благ талас топлоте. За време те милиаде била су лета и у најсевернијим деловима Европе необично топла, па су тада могле онде да успевају биљке које сада више не могу. У давнијој прошлости слика је обрнута. За време оних векова који су се груписали око година 20400, 70000 и 114000 пр. Хр. прекотрљала су се преко Европе три ладна таласа неједнаког интензитета; средњи је био најхладнији, а онај који нам је најближи био је блажи од осталих двају. Пре тих трију упада, била је Европа 64 хиљаде година поштеђена од веће летње хладноће и топлија лета него што су садања озарила су ју у три маха. У даљој прошлости срећемо опет два таласа од којих је онај старији био најледенији од свих који су се појавили за минутих 65000 година. Онда је на 65 степену северне ширине било тако хладно као што је сада пуних 1200 km северније. Пре тога свога најсилнијег упада није се летња хладноћа појављивала пуних 191 хиљада година у Европи, него се је тек у давној прошлости која лежи између 427000 и 600000 године манифестовала са два пара таласа хладноће.

Ово је у главном слика, добивена рачунским путем, о онима варијацијама климе које су имале за узрок промене астрономских елемената. Остаје да се испита да ли су ти, иначе неоспорни астрономски догађаји, оставили толико јасних трагова на лицу Земљином да се помоћу саопштених бројева може одредити старост тих трагова а преко ових старост геолошких слојева, депонованих за последњих 650 хиљада година.

Посао испитивања и класификовања свих геолошких доку-

мената из споменутог доба и сравњивања и идентификовања њиховог са астрономским податцима далеко је тежи и компликованији него што је сам астрономски рачун. Тај тешки задатак предузео је и сретно извршио споменути немачки научник *Köppen*, посветивши му сто страна дела *Die Klimate der geologischen Vorzeit*, израђеног у заједници са *A. Wegener*-ом. Наведени број страница на којима је обрађено питање које нас интересује показује довољно јасно да овде могу само сумарно саопштити најважније резултате његовога рада. Ти су ови.

Варијације климе, одређене рачунским начином из астрономских узрока, подударају се до детаља са онима које следеју из геолошких испитивања *Penck* и *Brückner*-а у Алпама. Сви они термички таласи о којима сам мало час говорио утврђени су и геолошким путем.

Последњи благи талас топлоте, онај око године 9500 пр. Хр., идентичан је са климатским оптимумом, констатованим од скандинавских геолога, за време којег је н. пр. лешник успевао у већим брдским висинама и више према северу но што успева данас. Онај талас хладноће који је достигао свој врхунац године 20400 пр. Хр. идентичан је са балтичким упадом хладноће. Хладни таласи око године 70000 и 114000 пр. Хр. представљају обе главне фазе *Würm*-ске глацијације, а она топла периода од 64 хиљаде година поклапа се са интергласијалном периодом *Riss-Würm* којој је *Penck* одредио геолошким путем време трајања са 60 хиљада година. Узме ли се у обзир колико су несигурнији према астрономским они податци које је *Penck* употребио при својој одредби, то је немогуће не задивити се тачности његовога рачуна.

Исто тако и за старија времена показује астрономски рачун подударање са геолошким констатацијама. Она дугачка периода топлих лета, која је, као што смо видели, по астрономском рачуну трајала 191 хиљада година идентична је са интергласијалном периодом *Mindel-Riss* која је и по *Penck*-овом рачуну била скоро четири пута дужа од последње. Таласи хладноће који су се појавили одмах иза те периоде представљају нам глацијацију која је добила назив *Riss*, а они таласи који су тој периоди претходили поклапају се са глацијацијама *Günz* и *Mindel*.

Оваково подударање астрономског рачуна са свима до сада утврђеним знатнијим климатским променама кварталнога доба, потврђено и од других немачких палеоклиматолога, у

првом реду *Eckardt*-а и *Gagel*-а, показује да се главне фазе тога доба могу датирати астрономским путем. Први астрономски календар Земљине прошлости је добивен.

Тај ће се календар, као што је то случај код свих научних тековина, временом све више усавршавати и попуњавати. Први посао астронома биће тај календар продужити и преко интервала од 650000 година, на који се је распростро, а и на јужну хемисферу која има свој нарочити календар. И рад геолога биће у овоме послу врло замашан. Они ће ригурозним сравнивањем астрономских података са документима прошлости моћи да излуче и оне варијације климе које нису астрономског порекла и да одреде улогу и значај њихових фактора. Пође ли им сем тога за руком да нађу такове документе Земљине прошлости чија се старост може одредити не само астрономски, него и физикалним путем помоћу радиоактивних субстанција, онда ће нам бити могуће да опробамо и ту методу и да сату који нам она пружа измеримо дужину клатна.

Тако приправља једна научна тековина пут другој и тако ће астрономска метода послужити као еталон физикалној методи и омогућити да се ова са поуздањем употреби и за она давна доба, која су тако далеко од нас да је време збрисало све трајке су астрономски догађаји у њој оставили.

Поред свега онога што сам о њој саопштио, може астрономска наука у питању Земљине историје да уради још нешто што ниједна друга наука није у стању. Геологија и остале дескриптивне науке могу констатовати само оно што је већ било, а астрономија може да нам каже и оно што ће бити. Па као што је она у стању да предскаже сва помрачења Сунца која ће се у току идућих векова десити, тако могу ја већ сада да, на темељу астрономског рачуна, прорекнем да ће, у току идућих 26100 година, лета бивати у нашим крајевима постепено топлија. Тако ће, године 28000, 55 степен северне географске ширине примати за време летње полугодине исту ону количину сунчеве топлоте што ју данас прима 52 степен. Узмемо ли, дакле, у обзир да дан данашњи винова лоза успева у Немачкој управо до 52 степена, то следује да ће она у то доба моћи успевати до 55 степена, т. ј. до самога мора и до данске границе.

Тако нам астрономска наука, која нам је отворила изглед у дубине бесконачног простора, отвара изглед у прошлост и будућност.