

Утицај соларне активности на здравље човека

Каролина Ђукић, Весна Цветков, Весна Дамњановић



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Утицај соларне активности на здравље човека | Каролина Ђукић, Весна Цветков, Весна Дамњановић | VII Меморијални научни скуп из заштите животне средине доцент др Милена Далмација Нови Сад, 01-02. април 2019 | 2019 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0005714>

UTICAJ SOLARNE AKTIVNOSTI NA ZDRAVLJE ČOVEKA

Karolina Đukić¹, Vesna Cvetkov², Vesna Damnjanović³

^{1,2,3}Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, Beograd
karolina.djukic@rgf.bg.ac.rs

Izvod

U radu je prikazan uticaj elektromagnetskog zračenja i visokoenergetskih čestica koji neprestano stiže sa Sunca, na zdravlje čoveka. Cilj je da se ukaže kako na štetno dejstvo ultraljubičastog i infracrvenog zračenja, tako i na uticaj kosmičkog zračenja i geomagnetske aktivnosti na čoveka. Korišćeni su rezultati mnogih istraživanja koja su sprovedena u različitim evroazijskim zemljama u kojima su vršena merenja različitih solarnih i geomagnetskih parametara. Solarni i geomagnetski parametri su upoređeni sa statističkim zdravstvenim parametrima, na osnovu čega je izvršena njihova korelacija.

Ključne reči: Solarna aktivnost, geomagnetske bure, kosmičko zračenje, jonizujuće zračenje, zdravlje čoveka

Uvod

Zračenje Sunca predstavlja jedan od uslova postojanja života na Zemlji. Međutim, Sunce predstavlja i faktor rizika pa zdravlje čoveka. Sa Sunca na Zemlju neprekidno stiže ogromna količina energije u vidu elektromagnetskog (EH) zračenja i visokoenergetskih čestica (VEČ). Sunce emituje EH zračenje svih frekvencija. Najveći deo čini infracrveno (IC), nešto manji vidljiva svetlost a najmanji ultraljubičasto (UV) zračenje, zajedno γ -zracima. Prirodnu odbranu od svih zračenja koje emituje Sunce predstavlja atmosfera koja nije idealan štit ali zahvaljujući njoj zračenja stižu do površine Zemlje znatno oslabljena.

Pri povećanoj solarnoj aktivnosti (SA) i promenama geomagnetskog polja (GMP), tj. pojavi magnetskih bura (MB), uprkos zaštiti (atmosfera), do Zemljine površine stižu zračenja u dozama koje mogu biti faktor rizika. Povećana SA ima uticaja na promene meteoroloških parametara (samim tim na vremenske prilike i klimu) jer promene u EH polju Zemlje utiču na pojedine pojave i procese u atmosferi. Smatra se da MB ne predstavljaju opasnost po ljude jer magnetsko polje ne utiče štetno na njihove organe. Međutim, postoji sve više indicija da promene u GMP utiču i na biološke sisteme. Proučavanja u ovoj oblasti ukazuju da ljudski organizam koji je pod stresom često negativno reaguje na fluktuacije GMP. Savremena nauka ukazuju da čovek živi okružen EH zračenjima i zračenjima VEČ a obzirom da imaju ucaj na zdravlje ljudi, predmet su velikog broja naučnih istraživanja poslednjih godina [1-7], pa tako i ovog rada.

Solarna aktivnost (SA)

Sunce spada u zvezde sa stabilnim režimom zračenja ali čak i relativno male promene u zračenju naše zvezde, utiču na meteorološke procese. U njegovom jezgru neprestano se odvijaju nuklearne reakcije u kojima se oslobađa velika količina energije. Bitan pokazatelj SA je broj Sunčevih pega do čijeg povećanja brojnosti i drugih pojava koje ih prate dolazi periodično na oko 11 god., tzv. Solarni ciklusi a početkom proleća 2008. god. započeo je novi ciklus. Energija koja kreće sa pega ima ogromnu spektralnu gustinu zračenja, koju Sunčev vetar velikom brzinom nosi prema GMP, usled čega dolazi do pojave geomagnetskih bura koje su i najtipičniji geomagnetski poremećaji a koji po svemu sudeći utiču i na ljude [1-7]. Pored ciklusa SA, postoje i Sunčevi magnetski ciklusi koji traju oko 22 god. tokom kojih na Suncu dođe do inverzije magnetskih polova a poslednja inverzija desila se 2000. god. Magnetsko polje Sunca je posledica



postojanja čestica koje su na temperaturama od nekoliko miliona stepeni i koje su u stalnom procesu fisije i fuzije. Sunce, osim emitovanja EH zračenja izbacuje u kosmos milione tona materijala u vidu čestica. Dakle, solarni vetar u obliku EH zračenja i brzih čestica plazme (protoni, elektroni, joni pojedinih elemenata, visokoenergetski nukleoni) koji se prostiru u međuplanetarni prostor ima uticaja na ponašanje i zdravlje ljudi koji su osetljivi na promene meteoroloških uslova. U opasnosti su i nosioci pejsmejкера, bolesnici privezani za elektronske uređaje u bolnicama i drugi.

Jonizujuća zračenja

Zračenja se dele u dve osnovne grupe: jonizujuća - čija je osnovna karakteristika jonizacija sredine kroz koju prolaze; i nejonizujuća - čija energija nije sposobna da izazove jonizaciju. Najveći deo svih jonizujućih zračenja potiče od prirodnih izvora, kao što su Sunce, Kosmos i sama Zemlja. U grupu jonizujućih zračenja spadaju protonsko, neutronsko, elektronsko, γ , X, α , β . Bez obzira na izvor i vrstu, ova zračenja su izuzetno štetna po ljudske organizme i prekomerno izlaganje vodi ka radiacionoj bolesti i smrti a tokom života, primljena doza se akumulira.

Kako su radioaktivni materijali sastavni deo Zemlje još od njenog formiranja, zemaljski izvori su odgovorni za najveći deo doze kojoj je čovek izložen tokom života. U normalnim uslovima zemaljski izvori emituju više od 5/6 godišnje efektivne ekvivalentne doze koju apsorbuju pojedinci. Preostali deo prirodnog jonizujućeg zračenja čine kosmička zračenja. Danas je fon jonizujućih zračenja povišen a dugogotrajna izloženost ovom zračenju ima štetne posledice na sve žive ćelije.

U grupu nejonizujućih zračenja spadaju UV, vidljiva svetlost, IC, zračenja izuzetno niskih frekvencija (LEF).

Solarno kosmičko zračenje (SKZ) i galaktičko kosmičko zračenje (GKZ)

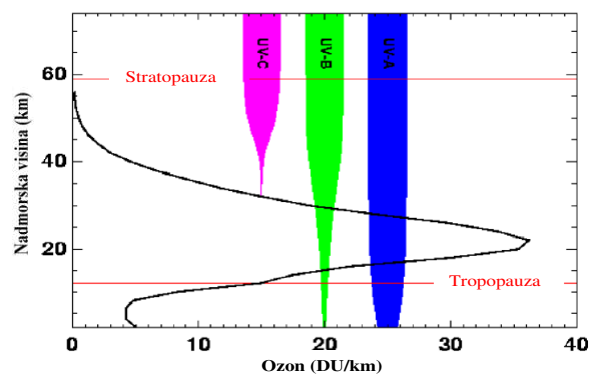
Prirodni izvori jonizujućih zračenja koji nisu zemaljskog porekla su poreklom iz Kosmosa a dele se na: solarno kosmičko zračenje; i galaktičko kosmičko zračenje. Dakle izvor jonizujućih zračenja je Sunce, mada deo zračenja na Zemlju stiže i sa planeta Sunčevog sistema, posebno sa Jupitera, kao i iz Van Alenovih pojaseva. Naime, osim svetlosti i drugih nejonizujućih EH talasa većih talasnih dužina, sa Sunca nam stiže i neprekidan tok jonizujućeg zračenja (pretežno protona 99% i teških čestica 0,1% koje prate γ -zranci) koja potiču uglavnom od solarnih erupcija. Svega 42% ovog zračenja stiže do tla. EH zračenje sa Sunca stiže na Zemlju za 8 min a čestice tek posle nekoliko dana. Mnogi efekti udara solarnih čestica u Zemljinu magnetosferu su opasni za ljudsko zdravlje. Prolazeći kroz vasioni prostor a zatim i kroz Zemljinu atmosferu (posebno ozonski omotač), zračenje gubi energiju i menja zastupljenost talasa određenih talasnih dužina. Sunčevo EH zračenje koje dospeva do vrha atmosfere u nepromenjenom obliku, naziva se ekstraterestrijalno zračenje i leži u spektralnom opsegu 0,015 - 1 000 μm . Atmosfera ovo zračenja reflektuje 30%, apsorbuje 19%, ili rasejava i propusti 51%, tako da na Zemlju dospeva izmenjeni spektar i samo mala količina zračenja. Deo ovog spektra (γ -zranci) pripadaju grupi jonizujućeg zračenja. Istraživanja ukazuju da se intenzitet globalnog Sunčevog zračenja značajno menja tokom vremena što može imati veliki uticaj na klimatske promene. Kada je solarni vetar jak, GMP je ojačano i manje kosmičke radijacije stiže do Zemljine površine. Takođe, kada je SA maksimalna, doza kosmičkog zračenja je za 10% manja od one kada je SA minimalna, jer je za vreme minimuma SA GMP je slabo i intenzitet kosmičkog zračenja je tada na maksimumu.

Za razliku od SKZ, GKZ nastaje izvan Sunčevog sistema. Izvor GKZ je celokupan kosmički prostor, uglavnom duboki svemir a čini ga 85% protona, 11% helijumovih jezgara, 1% jezgara teških elemenata, 3% elektrona i γ -zračenje. Dospeva do Zemlje ravnomerno iz svih pravaca a njegov intenzitet ne zavisi od toga da li je dan ili noć, kao i koje je godišnje doba. U blizini Zemlje, varijacija njegovog sastava i intenziteta je veća usled interakcije sa Solarnim vetrom, GMP i Zemljinom atmosferom. Magnituda prirodne radijacije varira sa jačinom SA, odnosno efektivna doza GKZ zračenja zavisi od stanja Zemljine magnetosfere.

Intenzitet kosmičkog zračenja zavisi i od geografske širine i nadmorske visine. Raste sa povećanjem geografske širine, odnosno, polovi primaju više radijacije nego ekvatorijalni regioni jer oko ekvatora magnetno polje Zemlje skreće naelektrisane čestice. Intenzitet zračenja raste sa nadmorskom visinom usled tanjeg sloja vazduha koji deluje kao štit. Sa smanjnjem debljina atmosfere povećava se opasnost od kosmičkog zračenja.

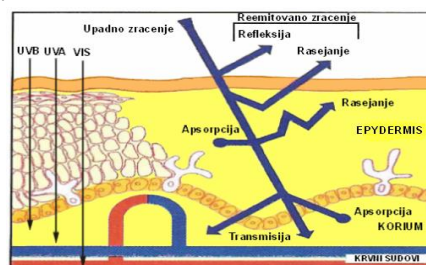
Negativni uticaji različitih prirodnih zračenja na biološke sisteme

Do nedavno je bio poznat samo negativan uticaj jonizujućih zračenja na žive organizme koje dovodi do širokog opsega oštećenja dezoksiribonukleinske kiseline (DNK) molekula u ćelijama. Poslednjih godina heliobiologija ukazuje na korelaciju između SA, varijacija GMP i funkcionalnog stanja čoveka. Preliminarni rezultati statističkih analiza ukazuju na sledeće rezultate. UV zračenje odlikuje najveća energija fotona (do 12,4 eV) u odnosu na ostale vidove nejonizujućih zračenja, pa je biološki najaktivnije. Iako predstavlja najmanji deo Sunčeve energije, UV zračenje ima vrlo važnu ulogu u mnogim procesima u biosferi. Kod ljudi, pomaže u stvaranju vitamina D, lučenju pojedinih hormona a koristi se i za lečenje pojedinih kožnih bolesti. Sa druge strane, prekomerno izlaganje UV je štetno. Intenzitet UV zračenja na površini Zemlje zavisi od energije koja dolazi sa Sunca i transmisije atmosfere a faktori koji utiču na to su ozon, Sunčev zenitni ugao, apsorpcija i rasejanje u atmosferi, oblaci, nadmorska visina i refleksija od površine. Deli se na tri spektralna područja: UV-A (315 – 400 nm); UV-B (280 - 315 nm); i UV-C (100 - 280 nm). Ove tri vrste zračenja ne dospevaju jednako do površine Zemlje (slika 1). Ozonski sloj u stratosferi blokira sve UV-C, većinu UV-B i male količine UV-A zraka.



Slika 1. Prolazak UV zračenja kroz atmosferu [8]

Dubina prodiranja UV zračenja u kožu zavisi od talasne dužine zračenja. Što je ona kraća, manja je dubina njegovog prodiranja (slika 2). UV-A zračenje nije bezopasno, iako usled slabijeg intenziteta prodire pliće u kožu od UV-B i vidljive svetlosti. Deluje kumulativno a negativni efekti se ne ispoljavaju odmah.



Slika 2. Prodiranje različitih zračenja u kožu [9]

Predugačko izlaganje UV zračenja ima veliki uticaj na potkožno tkivo i uzrok je preranog starenje kože. Intenzitet UV-B zračenje zavisi od količine ozona u atmosferi a može da izazove niz neželjenih efekata kao što su crvenilo i plikovi na koži, opekotine, rak kože, zatim oštećenja oka, fotosenzibilizacija, fotodermatoze, stvaranje slobodnih radikala, prevremeno starenje, slabljenje imunološkog sistema [10]. UV-C zračenje je zračenje najveće energije iz spektra UV



oblasti, koje se kao prirodno zračenje ne sreće na Zemlji jer se potpuno apsorbuje u stratosferi. Ovo zračenje je izuzetno štetno za žive organizme jer deluje destruktivno na DNK, koja je sastavni deo svake žive ćelije i nosilac celokupnog genetskog materijala jedinke. Negativni efekti UV zračenja su i manjak hrane u morima i smanjen rod na poljima.

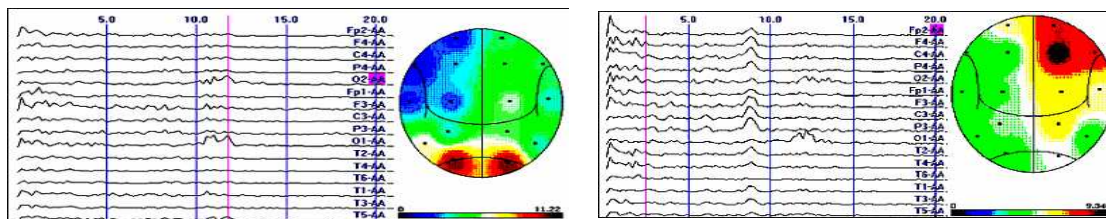
Prirodnom UV zračenju najviše su izloženi ljudi koji, po prirodi posla, veći deo godine provode na otvorenom prostoru: zemljoradnici, građevinski radnici, mornari, radnici u solanama, radnici na održavanju puteva i pruga, planinari, učitelji skijanja itd. Ne treba zanemariti ni izlaganje opšte populacije tokom leta na plažama. Potrebno je obratiti pažnju na UV indeks i shodno tome se zaštititi na pravi način. UV zračenje apsorbuju materije koje su transparentne za vidljivu svetlost (npr. staklo) ali ima vrlo visoku refleksiju od površine (naročito vodene).

Važan faktor predstavlja infracrveno (IC) zračenje obzirom da čini najveći deo zračenja sa Sunca i predstavlja najveći izvor toplote na Zemlji. U pogledu uticaja na zdravlje, ovoj vrsti zračenja se u poslednje vreme pridaje sve veći značaj jer je prodornije od UV zračenja usled čega ima veći uticaj na kožu (a može prodreti i u mišiće, kosti i unutrašnje organe). IC zraci se dele na IC-A (780 - 1400 nm), IC-B (1400 - 3000 nm) i IC-C (više od 3000 nm). Prodiru u kožu dublje od UV, pa i dalje. Za razliku od UV zraka koji oštećuju ćelijsku membranu, IC-A zraci prolaze u samu ćeliju, u mitohondrijama dovode do oksidativnog stresa i oslobađanja slobodnih radikala, dolazi do strukturnih promena u kolagenu, što dodatno značajno ubrzava procese fotostarenja kože već izazvanog UV zračenjem. Makromolekuli gube svoju tercijernu strukturu i dolazi do njihovog međusobnog spajanja i vezivanja, što dovodi do polimerizacije ili koagulacije i gubitka osnovne funkcije. Ako se ove promene odigraju u dovoljnoj meri i na dovoljnom broju ćelija doći će do razvoja patoanatomske slike termičkog oštećenja tkiva. IC zračenja mogu da imaju dovoljnu fotonsku energiju potrebnu za kidanje hidrogenskih veza u biološkom materijalu (0,06 eV), te bi mogla da dovedu do izazivanja hromozomskih aberacija inhibirajući reparaciju spontanah aberacija, kidajući hidrogenske veze na dvostrukim spiralama DNK hromozoma ili delujući na druge strukture. Ovo bi moglo da izazove proces mutageneze na ćelijama koje su izložene, ali do sada nisu mogle biti zabeležene nasledne genetske promene izazvane IC zračenjem. Kod dugotrajnog svakodnevnog izlaganja IC zračenju dolazi do pojave eritematoznih promena na koži, pojave smeđe pigmentacije koja ima marmorasti oblik, apigmentiranih delova u obliku mreže, kao i pojave keratoza, verukoznih tvorevina, pojave ljuštenja kože i atrofičnih promena kože. Ove promene nekad mogu maligno da alteriraju u spinocelularni epitelom, kod dugotrajne izloženosti IC zračenju može doći do pojave hroničnih rinitisa, laringitisa i smetnji od strane paranazalnih šupljina, pada u broju spermatozoida (osetljivost testisa na zagrevanje) i promena imunološkog reaktiviteta. Posebno je značajno dejstvo IC zraka na termoregulaciju. Na oku mogu izazvati oštećenje rožnjače, kataraktu, zapaljenja kapaka, zamućenje očnog sočiva i očne vodice. Mogu dovesti do poremećaja rada mozga i gubitka svesti (sunčanica), hipertermije.

Varijacije GMP ne utiču samo na performanse i pouzdanost tehnoloških sistema već i na zdravlje ljudi. Geoprostor je veoma osetljiv na promene SA. Magnetska polja, ugrađena u solarnu plazmu, prenose se radijalno od Sunca putem solarnog vetra i formiraju interplanetarno magnetsko polje koje kontinualno interaguje sa GMP, što dovodi do periodičnih promena stanja Zemljine magnetosfere, jonosfere i gornje atmosfere. Solarni poremećaji koji su u interakciji sa geoprostorom uzrokuju geomagnetske bure, perturbacije u jonosferi i dugotrajne varijacije u Zemljinoj klimi, tj. promene GMP usled solarnih bura narušava dinamičku ravnotežu meteoroloških parametara. Danas je poznato da postoje ljudi čije zdravlje zavisi od meteoroloških parametara. To su hipersenzitivni ljudi koji se nazivaju meteoropate. Na njih utiču različiti meteorološki faktori, kao što su temperatura, pritisak, vlažnost vazduha. Heliocentrična meteorologija predstavlja naučni multidisciplinarni pristup u osnovi koga je meteorološka EM prognoza. Svemirsko vreme i njegovi mogući efekti na zdravlje čoveka su intenzivno proučavani

najpre u bivšem Sovjetskom Savezu. Istraživanja danas pokazuju da GM i SA utiče na nervni i kardiovaskularni sistem. Istraživanja idu u pravcu psiholoških promena u ponašanju čoveka vezanih za poremećaje GM ili SA (povećanje nasilja, zločina, socijalnih nemira, revolucija i učestalosti terorističkih napada). Ali povećana SA povezuje se i sa periodima najvećih čovekovih napredaka, inovacijama i kreativnošću u arhitekturi, umetnosti, nauci i pozitivnim socijalnim promenama. Oštre varijacije GM i SA menjaju balans melatonina i serotonina, krvni pritisak, disanje, reproduktivnost, imuni, neurološki i kardiovaskularni sistem, depresije, mentalnih poremećaja, pokušaja samoubistava, ubistava i saobraćajnih nesreća, povećanjem srčanih aritmija, kardiovaskularnih oboljenja, smrti usled infarkta miokarda, promena u krvotoku, povećanjem krvnog pritiska i epileptičnim napadima [11]. U mnogim od ovih istraživanja, zaključeno je da su GM efekti izraženiji na velikim geomagnetskim širinama jer su tamo i promene GM izraženije.

Međutim, postoje neki istraživači [12] koji smatraju da meteorološki faktori ne utiču na čoveka, već da utiču VEĆ koje stižu na Zemlju zajedno sa solarnim vetrom. Magnetsko polje sa lakoćom prodire u ljudsko telo i promene polja mogu promeniti neke karakteristike ljudskog tela, jer je organizam provodan medijum i svi procesi u našem organizmu su zasnovani na elektricitetu. Dokazano je da se električna aktivnost mozga menja tokom prirodnih lokalnih magnetskih anomalija (slika 3). Na ljude mogu uticati i solarni flerovi koji mogu uzrokovati nervozu, anksioznost, brigu, vrtoglavicu, iritabilnost, letargičnu iscrpljenost, mogu produžiti pritisak u glavi i glavobolje [14,15]. GM bure imaju negativan uticaj na pacijente sa dijabetesom, intolerancijom na glukozu i sa metaboličkim sindromom, dijastolni krvni pritisak, poremećaji srčanog ritma i na centralni i vegetativni nervni sistem kroz promene funkcionalnog stanja mozga kod čoveka i psihoemocionalnog stanja ili na učestalost infarkta miokarda, moždane udare i iznenadne srčane smrti, na pacijente sa hipertenzijom, multiplom sklerozom [13].



Slika 3. Mapa frekvencija kortikalne aktivnosti mozga kada su geomagnetski uslovi: mirni (levo) i tokom geomagnetskih bura (desno)[15]

Pretpostavlja se da geomagnetske bure mogu uticati na funkcionalno stanje mozga putem mehanizma magnetorecepcije. Utvrđeno je da ljudi i životinje imaju specijalizovan skup neuroloških receptora koji sadrže male kristale prirodnog magnetita (Fe_3O_4) u svojim mozgovima i drugim tkivima koji im omogućavaju da "ose" promene magnetskog polja (neke se orijentišu i kreću u odnosu na magnetsko polje zahvaljujući ovom mehanizmu) [15].

Zaključak

Ustanovljeno je da prekomerno izlaganje ultraljubičastom i infracrvenom zračenju koje emituje Sunce najviše štete nanose koži, očima i imunom sistemu ljudi. Međutim, iako imaju štetne efekte, navedena zračenja imaju i pozitivan aspekt. Ultraljubičasto zračenje stvara ozonski omotač bez kojeg život na Zemlji ne bi bio moguć a takođe, kod čoveka uzrokuje sintezu D vitamina neophodnog za metaboličke procese. Infracrveno zračenje greje Zemljinu atmosferu, pa bez njegovog uticaja na Zemlji ne bi bilo života, jer bi na njoj vladao večiti led.

Direktan uticaj solarne i geomagnetske aktivnosti na zdravlje čoveka nije u potpunosti dokazan ali savremena nauka ukazuje na to da on postoji. Solarna aktivnost ima značajan uticaj na stvaranje različitih vremenskih uslova na Zemlji, čime utiče i na ljude meteoropate, tj. one ljude na čije zdravlje utiču promene meteoroloških parametara. Dakle, solarna aktivnost na indirektan



način utiče na zdravlje čoveka menjajući meteorološke parametre. Dokazano je da promene u geomagnetskom polju imaju uticaja na ponašanje ljudi, kondiciju, koncentraciju, raspoloženje, na njegov kardiovaskularni sistem, metabolizam, bioritam. Često meteoropate osećaju u toku dana promenu psihofizičke kondicije a da nisu svesni odakle te promene potiču. Za pojedine profesije, npr. pilote, ovaj uticaj je izuzetno veliki. Tokom povećane solarne aktivnosti, bioritmička, radna i fizička aktivnost meteoropata i hipersenzitivnih ljudi treba da je prilagođena situaciji i treba pratiti uputstva i preporuke medicinskih ustanova.

Neophodno je izvršiti još mnogo istraživanja da bi se tačno utvrdilo koliki je uticaj geomagnetskih bura na čoveka. Na srednjim geomagnetskim širinama, na kojima su uglavnom i vršena istraživanja, ovaj uticaj je manje izražen, pa istraživanja treba usmeriti ka zemljama koje leže bliže polovima.

Literatura

- [1] Alabdulgader, A., McCraty, R. *et al.* (2018). Long-Term Study of Heart Rate Variability Responses to Changes in the Solar and Geomagnetic Environment. *Scientific rep.*, 8, 2663.
- [2] Vencloviene, J., Babarskiene, R. *et al.* (2013). The Effect of Solar-Geomagnetic Activity During Hospital Admission on the Prognosis of Cardiovascular Outcomes in Patients with Myocardial Infarction. *British J. of Medicine & Medical Research*, 3(4), 1587-1597.
- [3] Allahverdiyev, A.R., Babayev, E.S. *et al.* (2001). Possible space weather influence on functional activity of the human brain. *Proc. Space Weather Workshop*, 17-19.
- [4] Babayev, E.S. (2006). Space weather Influence on Technological, Biological and Ecological Systems: Some Major Results of Complex Investigations Conducted in Azerbaijan. *Sun and Geosphere*, 1(1), 17-22.
- [5] Babayev, E.S. (2008) Solar and Geomagnetic Activities and Related Effects on the Human physiological and Cardio-Health State: Some Results of Azerbaijani and Collaborative Studies. *Proceedings MEARIM*, 1, 235-241.
- [6] Babayev, E.S., Allahverdiyeva, A.A. *et al.* (2007). An Influence of Changes of Heliogeophysical Conditions on Biological Systems: Some Results of Studies Conducted in the Azerbaijan National Academy of Sciences. *Sun and Geosphere*, 2(1), 48-52.
- [7] Babayev, E.S., Crosby, N.B. *et al.* (2012). Potential effects of solar and geomagnetic variability on terrestrial biological systems. *Research Signpost*, 329-376.
- [8] Perić, J. (2010). Propusna svojstva naočara za zaštitu od Sunca u UV oblasti. *Diplomski rad*. Novi Sad: Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.
- [9] Perić, A. (2007). Spektralne karakteristike veštačkih izvora UV zračenja-solarijumi. *Diplomski rad*. Novi Sad: Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.
- [10] Zaporozhan, V., Ponomarenko, A. (2010). Mechanisms of Geomagnetic Field Influence on Gene Expression Using Influenza as a Model System: Basics of Physical Epidemiology. *International J. Environmental Research and Public Health*, 7, 938-965.
- [11] Gordon, C., Berk, M. (2003). The effect of geomagnetic storms on suicide. *South African Psychiatry Review*, 6, 24-27.
- [12] Alexander, L.T., Suliman al Atawi, N. *At al.* (2016). Space Weather Effects on Humans in Tabuk City, KSA. *International J. of App. Sci. and Tech.*, 6(1), 47-57.
- [13] Papathanasopoulou, P., Preka-Papademas, P. *et al.* (2016). The possible effects of the solar and geomagnetic activity on multiplesclerosis. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 146, 82-89.
- [14] Malinović, M.S., Radovanović, M. (2016). UV zračenje i toplotni talasi u Vojvodini. Beograd: *Geografski institut "Jovan Cvijić"*, knjiga 87, 9-92.
- [15] Babayev, E.S., Allahverdiyeva, A.A. (2005). Geomagnetic Storms and their Influence on the Human Brain Functional State. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 36(special).