

УКУПНИ АТМОСФЕРСКИ ОЗОН ИЗНАД ТЕРИТОРИЈЕ СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ

Милорад ЛЕТИЋ

Институт за биофизику, Медицински факултет, Београд

КРАТАК САДРЖАЈ

Увод Атмосферски озон смањује интензитет ултраљубичастог зрачења (доминантно *UV-B*) које доспева на површину Земље. Пошто се *UV-B* зрачење сматра главним изазивачем карцинома коже, катаракте и неких имунолошких поремећаја, одређивање укупног атмосферског озона постало је у свету свакодневна пракса. Код нас се не врши мерење укупног атмосферског озона. Подаци добијени путем сателита слободно су доступни.

Циљ рада Циљ рада је био да се прикупе и обраде подаци о укупном атмосферском озону изнад територије Србије и Црне Горе будући да је атмосферски озон важан параметар за изучавање ефеката ултраљубичастог зрачења и заштите од њега.

Метод рада Подаци о укупном атмосферском озону добијени помоћу сателита доступни су за делове површине Земље димензија 1° географске ширине са $1,25^\circ$ географске дужине. За представљање територије Србије и Црне Горе узети су само делови површине Земље у којима територија Србије и Црне Горе захвата више од 50%. Прикупљене су и обрађене просечне месечне вредности дебљине укупног атмосферског озона за 272 месеца од 1978. до 2004. године.

Резултати Вредности за разматране елементе површине Земље разликују се врло мало и ове разлике су мање од случајне грешке мерења. Средње годишње вредности укупног атмосферског озона изнад територије Србије и Црне Горе су у интервалу од 316 Добсонових јединица (*DU*) измерених 2002. године до 347 *DU* измерених 1981. Највећа просечна месечна вредност је 421 *DU* за март 1987. године, а најмања 271 *DU* за октобар 2001. Највећа вредност у току године достиже се током пролећних месеци, а најмања током јесењег периода.

Закључак Дебљина укупног атмосферског озона изнад територије Србије и Црне Горе може се представити средњом вредношћу и сматрати јединственом за целу територију. Цикличне промене дебљине укупног атмосферског озона у току године са пролећним максимумом и јесењим минимумом одговарају променама забележеним на средњим северним географским ширинама. Тренд смањења укупног атмосферског озона од 4,5% по деценији између 1979. и 1992. године одговара вредностима добијеним за локације на сличним географским ширинама.

Кључне речи: озон; ултраљубичасто зрачење; Србија и Црна Гора

УВОД

Атмосферски озон апсорбује ултраљубичасто зрачење. Укупан атмосферски озон чине стратосферски озон (озонски слој, озонски омотач) и тропосферски озон. Како стратосферски озон чини око 90% укупног атмосферског озона, он у највећој мери апсорбује ултраљубичасто зрачење (доминантно *UV-B*) и на тај начин смањује интензитет овог зрачења на површини Земље. Промена интензитета биолошки активног *UV-B* зрачења је пропорционална промени дебљине слоја озона и то тако да смањење дебљине озонског слоја за 1% изазива повећање интензитета биолошки активног ултраљубичастог зрачења на површини Земље за 1-1,2% [1].

Откако је седамдесетих година двадесетог века открито смањење слоја озона у стратосфери, питања везана за утицај озона на ултраљубичасто зрачење на површини Земље доспела су у жижу интересовања многих научних дисциплина, а мерење и надгледање укупног атмосферског озона постало је редовна активност. *UV-B* зрачење се доводи у директну везу са настанком карцинома коже, катаракте и супресије имунолошког система [2], па су стога интензитет *UV* зрачења и укупан атмосферски озон предмет интересовања и у медицини.

Дебљина укупног атмосферског озона одређује се у оквиру Светског система мониторинга (*WMO*) мерењима са површине Земље, сателитским мерењима, мерењима из авиона и пилот-балонским мерењима. У Србији и Црној Гори одређивање укупног ат-

мосферског озона са површине Земље се не врши [3]. Мерењима са вештачких Земљиних сателита надгледа се укупни атмосферски озон изнад целе Земљине кугле, па, према томе, и изнад територије Србије и Црне Горе.

ЦИЉ РАДА

Циљ рада је био да се на основу доступних архивских статистичких података о укупном атмосферском озону добијених путем сателита прикупе подаци који се односе на укупни атмосферски озон изнад територије Србије и Црне Горе. За изучавање ефеката ултраљубичастог зрачења и заштите од овог зрачења укупни атмосферски озон је важан параметар.

МЕТОД РАДА

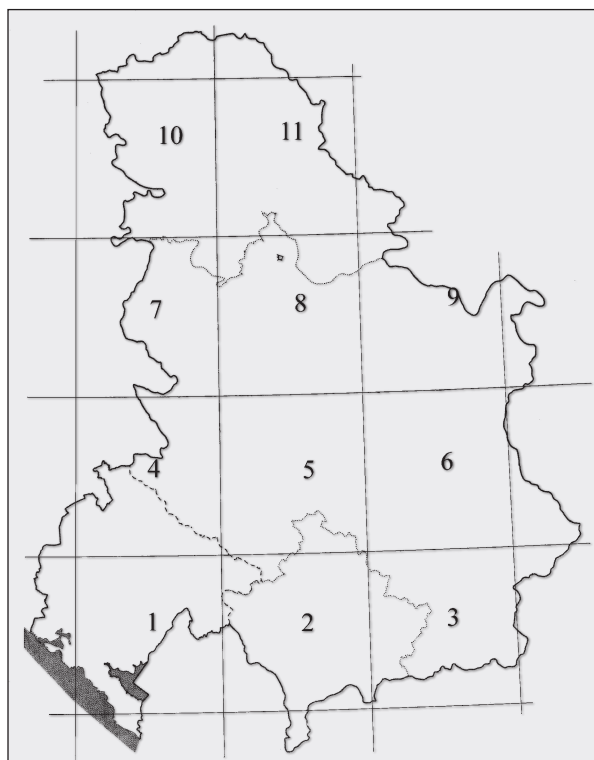
Најдуже континуирано надгледање укупног атмосферског озона је у оквиру експеримента *TOMS* (*Total Ozone Measuring Spectrometer*), које је започето 1978. године. Од 1978. до 1993. године подаци су прикупљани помоћу сателита *Nimbus-7*, од 1991. до 1994. године помоћу сателита *Meteor-3*, а од 1996. године до данас помоћу сателита *Earth Probe*. Добијени подаци су обрађени и систематизовани тако да се односе на површину Земље димензија 1° географске ширине са $1,25^\circ$ географске дужине и доступни су путем интернета (<http://toms.gsfc.nasa.gov>).

Дебљина укупног атмосферског озона је изражена у Добсоновим јединицама (*Dobson unit – DU*). Добсонова јединица (1 *DU*) одговара висини (дебљини) од 0,1 *mm* чистог озона (O_3) при стандардном атмосферском притиску (101325 *Pa*) на температури од 0°C. Средњој вредности дебљине укупног атмосферског озона за Земљу од око 300 *DU* одговара слој од 30 *mm* O_3 под наведеним условима. Грешке при одређивању укупног атмосферског озона су следеће: апсолутна грешка за сва три сателита је $\pm 3\%$, случајна грешка је $\pm 2\%$ (1 *SD*) за *Nimbus-7* и *Earth Probe*, а $\pm 3\%$ (1 *SD*) за *Meteor-3* [4-6]. Одступање од резултата добијених мерењима на површини Земље је до $\pm 2\%$ и разликује се за инструменте на различитим сателитима. Просечне вредности дебљине укупног атмосферског озона у току месеца се израчунавају и презентирају уколико постоје квалитетни подаци за бар 20 дана у току тог месеца.

Да би се одредила просечна дебљина укупног атмосферског озона изнад територије Србије и Црне Горе, узимане су доступне просечне месечне вредности за оне делове површине Земље (1° географске ширине са 1,25° географске дужине) чији већи део представља територија Србије и Црне Горе. За прикупљене податке за 11 делова површине израчунао су средња вредност, стандардна девијација и опсег вредности дебљине укупног атмосферског озона. За поједине месеце одређене су средња вредност и стандардна девијација за временски интервал за који постоје подаци. Одређен је и тренд промене дебљине укупног атмосферског озона изнад територије Србије и Црне Горе за период 1979-1992, за који постоји непрекинути низ података. Обрада података је вршена у програму *Origin (Microcal Software Inc., Northampton, MA, USA)*.

РЕЗУЛТАТИ

На слици 1 приказана је територија Србије и Црне Горе с уцртаном и обележеном мрежом са пољима димензија 1°×1,25° за која су узимани подаци о укупном атмосферском озону. У табели 1 дати су подаци о средњим вредностима дебљине укупног атмосферског озона за означене делове површине, и то



СЛИКА 1. Територија Србије и Црне Горе с уцртаним деловима површине за које су узимане вредности дебљине укупног атмосферског озона.

FIGURE 1. Territory of Serbia and Montenegro with grid elements whose total ozone column values were taken.

за 272 месеца у периоду 1978-2004. године (подаци за период од маја 1993. до јула 1996. године нису доступни, било да не постоје или нису довољно квалитетни). Средње месечне вредности за 11 делова површине Земље са слике 1 приказане су на графикану 1 за период 1978-1993. године, а на графикану 2 за период 1996-2004.

Најмања средња годишња вредност дебљине укупног атмосферског озона изнад Србије и Црне Горе била је 316 *DU* у 2002. години, а највећа 347 *DU* у 1981. Највећа средња месечна вредност била је 421 *DU* за март 1987. године, а најмања 271 *DU* за октобар 2001. Опсег месечних вредности дебљине укупног атмос-

ТАБЕЛА 1. Средње и екстремне вредности дебљине укупног атмосферског озона изнад појединих делова Србије и Црне Горе.

TABLE 1. Mean and extreme values of total ozone column for corresponding grid elements.

Део територије СЦГ према слици 1 Grid elements as in figure 1	Средња вредност (DU) Mean value (DU)	Најмања месечна вредност (DU) Minimal monthly value (DU)	Највећа месечна вредност (DU) Maximal monthly value (DU)
1	327.7	268	419
2	328.6	270	418
3	329.1	270	419
4	329.1	269	420
5	330.4	270	422
6	331.5	271	423
7	332.0	271	423
8	332.9	272	423
9	332.8	272	422
10	333.0	271	427
11	333.5	271	426

ферског озона у току једне године био је 69-137 DU. У табели 2 дате су средње вредности дебљине укупног атмосферског озона изнад територије Србије и Црне Горе за поједине месеце у периоду 1979-2003. године и стандардне девијације ових вредности.

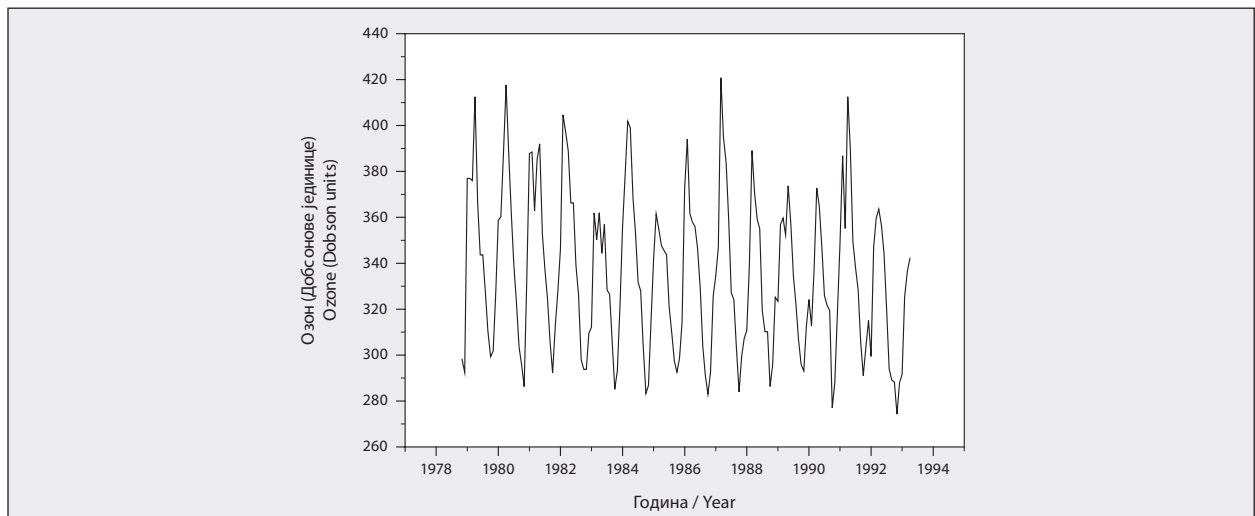
ДИСКУСИЈА

Средње вредности дебљине укупног атмосферског озона изнад сваког од 11 делова површине Земље који покривају највећи део територије Србије и Црне Горе, као и највеће и најмање вредности приближно су исте. Иако бројне вредности показују благо повећање од југа ка северу, што одговара утврђеним променама укупног атмосферског озона [7], разлике су реда величине случајне грешке мерења, тако да се за територију Србије и Црне Горе може узети средња вредност за дебљину укупног атмосферског озона изнад целе територије.

ТАБЕЛА 2. Средње вредности дебљине укупног атмосферског озона изнад Србије и Црне Горе и њихова варијабилност у појединим месецима.

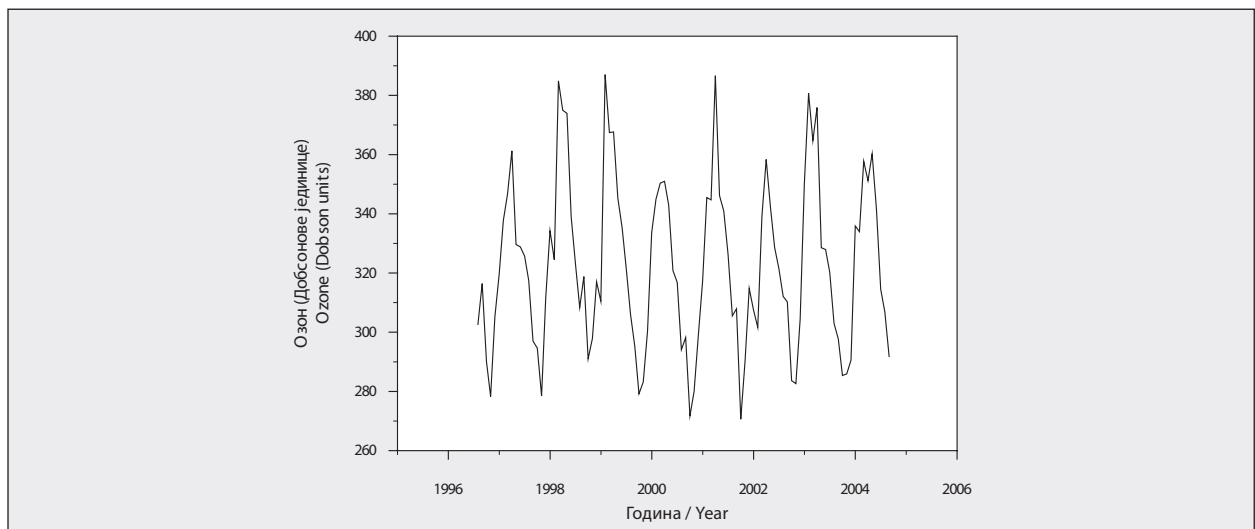
TABLE 2. Mean values of total ozone column over Serbia and Montenegro and their variability.

Месец Month	Средња вредност (DU) Mean value (DU)	Стандардна девијација (DU) Standard deviation (DU)
Јануар / January	336	24
Фебруар / February	359	27
Март / March	367	22
Април / April	377	21
Мај / May	360	19
Јун / June	346	12
Јул / July	328	8
Август / August	315	11
Септембар / September	304	8
Октобар / October	287	8
Новембар / November	291	9
Децембар / December	313	12



ГРАФИКОН 1. Средње месечне вредности дебљине укупног атмосферског озона изнад Србије и Црне Горе од новембра 1978. до априла 1993. године.

GRAPH 1. Mean monthly values of total ozone column over Serbia and Montenegro from November 1978 till April 1993.



ГРАФИКОН 2. Средње месечне вредности дебљине укупног атмосферског озона изнад Србије и Црне Горе од августа 1996. до септембра 2004. године.

GRAPH 2. Mean monthly values of total ozone column over Serbia and Montenegro from August 1996 till September 2004.

Графикони 1 и 2 показују промене дебљине укупног атмосферског озона изнад територије Србије и Црне Горе у последњих 25 година. Ове промене су цикличне са највећом дебљином укупног атмосферског озона у пролеће, а најмањом у јесен. Овакве промене су правило за средње северне географске ширине и последица су формирања и разградње озона на које утичу сунчево зрачење и његове цикличне промене [3, 7]. Тренд смањења дебљине укупног атмосферског озона за период 1979-1992. године је 4,5% по деценији и приближно одговара подацима објављеним за средње северне географске ширине [1, 7].

Средње бројне вредности за поједине месеце показују највеће вредности у априлу (у четири године забележен максимум у марту, у четири године у фебруару и у две године у мају), а најмање у октобру (у шест година забележена најмања просечна вредност у новембру), што одговара вредностима за зону од 40 до 45 степени северне географске ширине, чији је пролећни максимум у марту. Варијабилност дебљине укупног атмосферског озона у појединим месецима је већа у зимском и пролећном периоду него у летњим и јесењим месецима, што одговара ономе што је забележено на сличним географским ширинама [7].

ЗАКЉУЧАК

На основу података о укупном атмосферском озону изнад територије Србије и Црне Горе од 1978. до

2004. године може се закључити да се дебљина укупног атмосферског озона може представити средњом вредношћу за целу територију Србије и Црне Горе. Цикличне промене дебљине укупног атмосферског озона у току године, највеће и најмање вредности, као и стандардна девијација ових вредности у дужем временском периоду одговарају променама које се јављају на средње северним географским ширинама. Тренд промене дебљине укупног атмосферског озона изнад територије Србије и Црне Горе је такође у границама забележеним за средње северне географске ширине.

ЛИТЕРАТУРА

1. Madronich S, McKenzie RL, Björn LO, Caldwell MM. Changes in biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface. *J Photochem Photobiol B: Biol* 1998; 46:5-19.
2. Longstreth J, de Gruijl FR, Kripke ML, et al. Health risks. *J Photochem Photobiol B: Biol* 1998; 46:20-39.
3. Mijatović Z, Čonkić Lj, Miljković S. UV zračenje: izvori, osobine efekti i zaštita. Novi Sad; Prirodno-matematički fakultet; 2002.
4. McPeters RD, Bhartia PK, Krueger AJ, et al. Nimbus-7 total ozone mapping spectrometer (TOMS) data products user's guide. NASA Reference Publication 1996.
5. McPeters RD, Bhartia PK, Krueger AJ, et al. Meteor-3 total ozone mapping spectrometer (TOMS) data products user's guide. NASA Reference Publication 1996.
6. McPeters RD, Bhartia PK, Krueger AJ, et al. Earth probe total ozone mapping spectrometer (TOMS) data products user's guide. NASA Technical Publication 1998.
7. Fioletov VE, Kerr JB, McArthur LJB, Wardle DI, Mathews TW. Estimating UV index climatology over Canada. *J Appl Meteor* 2003; 42:417-33.

TOTAL OZONE COLUMN ABOVE THE TERRITORY OF SERBIA AND MONTENEGRO

Milorad LETIĆ

Institute of Biophysics, School of Medicine, University of Belgrade, Belgrade

INTRODUCTION Atmospheric ozone attenuates ultraviolet radiation reaching the Earth's surface. Since UV-B radiation is considered the principal factor of causing the skin cancers, cataracts and some immunological disorders, determination of total ozone column has become everyday practice. In Serbia and Montenegro, such determinations are not being done. Satellite data for the entire globe are accessible.

OBJECTIVE The objective of our work was to collect and analyze data for the territory of Serbia and Montenegro, because ozone is an important parameter for the study of effects and protection from UV radiation.

METHODS Data collected during TOMS (Total Ozone Measuring Spectrometer) experiment are presented for grid whose elements are 1° latitude by 1.25° longitude. Grid elements in which the territory of Serbia and Montenegro comprises more than 50% of the element area were taken to represent the territory of Serbia and Montenegro. Eleven grid elements were selected and average monthly values for 272 months in the period from 1978 until 2004 were collected. Data for the period between 1993 and 1996 were unavailable.

RESULTS Mean values of total ozone column and mean monthly values of eleven grid elements differed very little. Differences were smaller than magnitudes of random error. Average annual values of total ozone column above the territory

of Serbia and Montenegro were in the range from 316 Dobson units (DU) in 2002 to 347 DU in 1981. Annual cyclic changes of total ozone column showed spring maxima and autumn minima. Maximal recorded monthly value was 421 DU in March 1987 and minimal monthly value was 271 DU in October 2001. There was a trend of decreasing total ozone column values in the period between 1979 and 1992 at the rate of approximately 4.5% per decade.

CONCLUSION Mean total ozone column value above the territory of Serbia and Montenegro can represent total ozone column for the whole territory. Annual cycles with spring maxima and autumn minima are in accordance with oscillations observed for middle northern latitudes. The trend showing 4.5% decrease per decade in the period between 1979 and 1992 corresponds well to trends calculated for comparable locations.

Key words: ozone; ultraviolet rays; Serbia and Montenegro

Milorad LETIĆ
Institut za biofiziku
Medicinski fakultet
Višegradska 26/II, 11000 Beograd
Tel.: 011 361 5767
E-mail: milet@rcub.bg.ac.yu