



# ГЕОХАЗАРД У СРБИЈИ У 21. ВЕКУ – ЗНАЊЕ ЈЕ НАЈБОЉИ БЕДЕМ ПРОТИВ СТИХИЈЕ

ГЕОХАЗАРД У СРБИЈИ У 21. ВЕКУ  
– ЗНАЊЕ ЈЕ НАЈБОЉИ БЕДЕМ ПРОТИВ СТИХИЈЕ

SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

---

LECTURE SERIES

Book 5

GEOHAZARD IN SERBIA  
IN THE 21<sup>st</sup> CENTURY

– KNOWLEDGE IS THE BEST BASTION  
AGAINST THE NATURAL DISASTERS

Accepted at the 4<sup>th</sup> meeting of the Department of Mathematics,  
Physics and Geosciences on 24 May 2019

Editor  
VLADICA CVETKOVIĆ  
Corresponding Member of SASA

BELGRADE 2019

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

---

ЦИКЛУС ПРЕДАВАЊА

Књига 5

ГЕОХАЗАРД У СРБИЈИ  
У 21. ВЕКУ

– ЗНАЊЕ ЈЕ НАЈБОЉИ БЕДЕМ  
ПРОТИВ СТИХИЈЕ

Примљено на IV скупу Одељења за математику, физику и гео-науке  
од 24. маја 2019. године

Уредник  
ВЛАДИЦА ЦВЕТКОВИЋ  
дописни члан САНУ

БЕОГРАД 2019

Издаје  
*Српска академија наука и уметности*  
Београд, Кнеза Михаила 35

Лектура и коректура  
*Невена Ђурђевић*  
*Снежана Крсчић-Букарица*

Превод резимеа  
*Аутори*

Технички уредник  
*Никола Стевановић*

Тираж 350 примерака

Штампа  
*ЈП Службени гласник*

ISBN 978-86-7025-844-0

© Српска академија наука и уметности 2019

## САДРЖАЈ

Владица Цветковић, <i>Уводна реч</i> .....	7
Ана Младеновић, Славица Радовановић, <i>Сеизмички hazard у Србији</i> .....	11
Ana Mladenović, Slavica Radovanović, <i>Seismic hazard in Serbia</i> .....	22
Зоран Стевановић, <i>Процена ризика од несигурности воде за пиће у Србији</i> .....	25
Zoran Stevanović, <i>Risk assessment of drinking water shortage in Serbia</i> .....	44
Славиша Трајковић, <i>Просторно-временске карактеристике суша у Србији</i> .....	45
Slaviša Trajković, <i>Spatiotemporal characteristics of droughts in Serbia</i> .....	64
Биљана Аболмасов, <i>Hazard од клизишта у Србији у 21. веку</i> .....	65
Biljana Abolmasov, <i>Landslide hazard in Serbia in the 21<sup>st</sup> century</i> .....	87
Видојко Јовић, <i>Загађење земљишта – узроци и последице</i> .....	89
Vidojko Jović, <i>Soil pollution – causes and consequences</i> .....	97

Дејан Прелевић, <i>Да ли је вулкански хазард ђрејња за ђодручје Балканској ђолуосјрва?</i> . . . . .	99
Dejan Prelević, <i>Is volcanic hazard a threat for the area of Balkan Peninsula?</i> . . . . .	119
Слободан Марковић, <i>Климајске ђромене – ђеојерсјекјива</i> . . . . .	121
Slobodan Marković, <i>Climate changes – geoperspective</i> . . . . .	129

## УВОДНА РЕЧ

Зборник радова под насловом: „Геохазард у Србији у 21. веку – знање је најбољи бедем против стихије“ представља резултат истоименог циклуса предавања, који је у периоду од априла до јуна 2018. године одржан у Српској академији наука и уметности. Посебним циклусима предавања САНУ показује жељу да појача своју друштвену улогу тиме што би, поред великог броја активности у којима се промовишу искључиво врхунски научни резултати, организовала скупове посвећене неким од најважнијих проблема савременог српског друштва. Садржај предавања ових посебних циклуса подједнако је усмерен како експертима тако и широком аудиторијуму, другим речима, најсавременија научна знања пласирају се на начин да њихов значај за заједницу буде највидљивији.

У оквиру циклуса „Геохазард у Србији у 21. веку – знање је најбољи бедем против стихије“ одржано је укупно седам предавања. Њима су тематски обухваћени ако не сви, онда сигурно најважнији геолошки хазарди с којима се наш простор може суочити у овом веку. Неки од ових геохазарда су нам најчешће и „блиски“ и познати, попут земљотреса и клизишта, неки нам тек „куцају на врата“, као што су проблеми недостатка квалитетне воде или озбиљног загађења земљишта, док неке од приказаних гео-опасности доживљавамо мање узнемирујућима зато што су (само привидно) далеко од нас, било у простору, на пример вулкани, или у времену, као што су глобалне промене климе.

У првом раду Зборника, А. Младеновић и С. Радовановић приказују најважније аспекте сеизмичког хазарда у Србији. На разумљив, али научно савремен начин, у раду се објашњава зашто се код нас догађају релативно јаки земљотреси, премда подручје Србије није близу места генерисања највеће количине тектонске енергије у региону. Посебна пажња поклања се чињеници да је штета коју ови земљотреси праве несразмерно велика. Рад пружа и осврт на проблеме у дефинисању сеизмичког хазарда на територији наше земље, наглашавајући притом који се стандарди морају поштовати при прикупљању података и примењивању методологије за ваљану процену хазарда.



У раду „Процена ризика од несташице воде за пиће у Србији“ аутор З. Стевановић описује тренутно стање водних ресурса у Србији, при чему многе податке приказује и у историјском контексту. На тај начин из рада је могуће сазнати не само какав је *status preasens* већ и о каквим трендовима је реч, као што је, на пример, дуготрајно повећање капацитета централизованог водоснабдевања у последњих шездесет година или осетно смањење учешћа подземних вода у снабдевању водом у Србији. Аутор закључује да Србија „припада групи земаља Европе са довољним ресурсима подземних и површинских вода за дугорочно задовољавање потреба становништва у пијаћој води, као и потреба у области индустрије, енергетике, наводњавања пољопривредних површина.“

Вода је и у фокусу трећег прилога у овом Зборнику. У оригиналном раду „Просторно-временске карактеристике суша у Србији“ аутор С. Трајковић истиче да су штете од суше по правилу веће од оних које настају другим природним хазардима у Србији. На пример, штета од суше из 2012. године процењена је на милијарду и осамсто милиона евра, што за сто милиона евра надмашује ону изазвану колосалним поплавама из 2014. године. Аутор приказује резултате вишегодишњих истраживања на развоју хидроинформационог система за праћење и правовремену најаву суше. На основу приказаних података, у Србији су издвојена три региона: северни, западни и јужни, који се међусобно разликују према угрожености од суше, као и по мерама за ублажавање последица суше.

Четврти прилог се бави клизиштима. У свом прегледном раду под насловом „Хазард од клизишта у Србији у XXI веку“ ауторка Б. Аболмасов даје процену „да је 16–20% територије Србије под активним или умиреним процесом клижења“, при чему детаљно образлаже најважније узроке ових природних појава. У раду се даје критички осврт на тренутну праксу која се тиче уношења података у национални катастар клизишта, и изводи закључак да због незадовољавајућег стања у вези с катастром, тренутно није ни могуће дати најтачнију процену хазарда од клизишта у Србији.

Рад „Загађење земљишта – узроци и последице“ академика Видојка Јовића тиче се све присутнијег проблема загађења земљишта у нашем подручју. У раду су приказане информације о основним узроцима и типовима загађења (рударство, индустрија и друго) и дати примери угроженог земљишта у различитим подручјима Србије.

У прилогу под насловом „Да ли је вулкански хазард претња за подручје Балканског полуострва?“ Д. Прелевић најпре пружа основне информације о унутрашњој динамици наше планете, а затим, без непотребних детаља, али уз излагање најважнијих научних чињеница, објашњава како вулкани настају и зашто се појављују само у (геолошки) одређено време и на одређеном месту. Из ових информација следи приказ тренутне ситуације хазарда од вулканских ерупција за подручје Србије, да би у закључном делу била описана три могућа сценарија по којима би подручје Балканског полуострва могло да буде угрожено вулканским ерупцијама.

Последњи рад у Зборнику носи наслов: „Климатске промене – геоперспектива“, а његов аутор је С. Б. Марковић, дописни члан САНУ. У свом прегледном раду аутор анализира климатске варијабилности на нашој планети у односу на концентрацију гасова који изазивају такозвани ефекат стаклене баште, и то за читав период кенозоика (последњих 65,5 милиона година). Аутор закључује да се „тренутно налазимо у последњој топлој фази (интерглатијалу) квартарног леденог доба, која је још увек далеко хладнија од палеоценско-еоценског климатског максимума“. У својим закључним поглављима аутор даје и низ личних осврта на тренутне проблеме у сагледавању будућих климатских промена.

Према свему што је садржано у наведеним прилозима овај Зборник у потпуности испуњава мисију посебних циклуса предавања у САНУ. У њему су разматрана научна питања од чијих одговора не зависи само напредак једне струке нити читаве науке, већ опстанак свих нас, и зато то знање никако не сме да остане само експертима. На тај начин, САНУ доприноси путу Србије ка модерној заједници, у којој научници слушају једни друге и раде заједно на најважнијим питањима, а знање до којих они долазе бива употребљено на прави начин.

Два аспекта овог Зборника желим посебно да истакнем. Први се тиче његове актуелности. Довољан је и летимичан поглед на неко од средстава информисања да би се видело да је оно што наши најпозванији научници тематизују у овом Зборнику најтешње повезано с нашим свакодневним животом. О томе сведоче наслови, попут: „Zrenjanin: Zašto je voda žuta?“ (<https://www.danas.rs/drustvo/zrenjanin-zasto-je-voda-zuta/>), „Klimatske promene: Nivo mora porašće za dva metra“ (<https://www.bbc.com/serbian/lat/svet-48349291>) или „Italijanski vulkan Etna se ponovo aktivirao“ (<https://www.slobodnaevropa.org/a/29976226.html>). Чак и када узмемо у обзир да вести у данашњој, интернетом контролисаној медијској комуникацији, имају увек нешто драматичнији тон, остаје утисак изражене актуелности. Најзад, истовремено с приређивањем за штампу овог зборника у којем се као пример подручја угроженог клизиштима приказује карта Крупња (стр. 74, слика 2), исто подручје бива поново директно погођено бујичним поплавама, а на територији Крупња је на снази ванредна ситуација и влада непрестана опасност од активирања клизишта.

Други аспект је везан за чињеницу да се Зборник одликује високим нивоом критичког мишљења. Осим тога што се у многим радовима указује на лоше стање у Србији када је реч о предусловима за процену хазарда, Зборник доноси и контрастне погледе на једну од данас најосетљивих друштвено-научних тема као што је човеков утицај на климатске промене.

Иако ни као научници нисмо у стању да спречимо, па ни да у детаљима предвидимо велике поплаве и земљотресе, постоји велики број чињеница које су нам веома добро познате, на пример, да се не сме градити свуда и на било који начин. Знамо да ће и вода и обрадиво земљиште бити стратешки ресурси у блиској будућности и да се то мора узети у обзир у одлукама које

доносимо данас, а чије ћемо последице осетити већ сутра. Познато нам је да у Србији нема вулкана који могу бити активни у наредним миленијумима, али истовремено знамо шта се може очекивати од веома јаких ерупција у свету, које ће неминовно уследити. Од седам великих ерупција од последњег леденог доба до данас само се једна догодила када је на земљи живело више од једне милијарде људи, а постоје предвиђања да ће само до краја овог века на земљи живети 12 милијарди људи. Ако би се поновила само једна колосална ерупција, попут оне на месту данашњег језера Тоба на Суматри од пре око 74 хиљаде година, то би људску расу могло да врати на предцивизацијски ниво.

Све што знамо као научници и истраживачи мора бити што пре усвојено од стране целокупне заједнице. Овај Зборник представља само једну од многих активности Српске академије наука и уметности које имају за циљ да научна знања што пре допру до свих, а нарочито до оних који доносе најважније одлуке за читаво друштво.

Владица Цветковић,  
дописни члан САНУ

# ЗАГАЂЕЊЕ ЗЕМЉИШТА – УЗРОЦИ И ПОСЛЕДИЦЕ

ВИДОЈКО ЈОВИЋ

**А п с т р а к т.** – Савремено загађење земљишта и све веће површине деграданог земљишта изазивају забринутост у целом свету. Главни загађивачи потичу из индустријске активности, од саобраћаја, пољопривреде. Посебно су обрађени органски загађивачи и радиоактивни елементи у земљиштима. Оцена загађења приказана је преко примене секвенцијалних екстракцијских анализа. Загађена земљишта могу бити пречишћена помоћу различитих технологија ремедијације.

*Кључне речи:* земљиште, загађење, органски загађивачи, радиоактивни елементи, оцена загађења, ремедијација

## УВОД

Загађење земљишта има веома дугу традицију – од праисторије до данас. Разуме се, до друге половине XIX века оно није било већег интензитета, а током XX и првих деценија XXI века попримило је невероватне размере и изазвало и изазива несагледиве последице. Постоји директна зависност између бројности људске популације, технолошког развоја и степена загађења земљишта. То је у све већој мери праћено људским потребама за производњом огромних количина хране, за високом технологијом у разноврсним људским активностима и свакодневном животу. Тек крајем XX века сазрела је глобална људска свест да је неопходна већа контрола загађења земљишта, као и већа брига о климатским променама на Земљи. Због тога је веома важно познавати узроке и последице глобалног загађења земљишта, као и могућности ремедијације већ загађених земљишта.

Од 60-их година XX века геометријском прогресијом увећавао се број штампаних научних и стручних радова, зборника радова, монографија, уџбеника и приручника који су се више или мање односили на ту проблематику (Brady, 1974; Bowen, 1979; Davies, 1980; Fortescue, 1980; Adriano, 1986; Ferguson, 1990; McBride, 1994; Ellis & Mellor, 1995; Yaron et al., 1996; Tarrdellas et al., 1997; Mirsal, 2004; Kabata-Pendias, 2011, итд.).

## УЗРОЦИ ЗАГАЂЕЊА ЗЕМЉИШТА

Земљиште се може дефинисати као природна средина изграђена од минералних и органских састојака, издиференцирана у хоризонте променљиве

дебљине и која лежи преко стенске подлоге. Разлика земљишта од стенске подлоге огледа се у морфологији, физичким и хемијским особинама и биолошким карактеристикама.

На стварање и развој земљишта утиче много фактора, од којих су најважнији: стенска подлога, клима, брзина спирања, време и биолошка активност. Брзина спирања је веома важна, јер се никакво растресито земљиште не може створити на местима наглог спирања. Када је спирање старије, тада ће земљиште боље да се формира. Дужина времена стварања земљишта такође је веома важан фактор. Због тога се издвајају млада и стара земљишта. Млада земљишта су обично слабо развијена и слабо издиференцирана, са слабо израженим А и Б хоризонтима. Када је земљиште старије, тада су хоризонти веће дебљине и боље издиференцирани. Биолошка активност огледа се у активности живих организама (растиње и бактерије). Влажне климе погодују развоју вегетације, потпомажу труљење органских остатака и формирање хумуса, а одликују се и знатном количином воде која циркулише.

У табели 1 приказане су концентрације неких микроелемената у земљиштима.

Табела 1. Концентрације неких микроелемената у земљиштима (Vinogradov, 1959; Mitchell, 1964, 1972; Andrew-Jones, 1968)

Елемент	Нормалне вредности (ppm)	Екстремне вредности (ppm)
Fe	15.000–40.000	10–80.000
Mn	300–7.000	12–10.000
V	12–700	1–900
Zn	10–500	4–10.000
Cu	3–100	0,1–1300
B	3–100	0,1–1300
Co	1–60	0,1–600
Mo	0,4–7	0,1–80
Se	0,1–3	0,1–70
Cl	30–450	5–800

Концентрације тешких метала у површинском слоју земљишта постепено расту због индустријских и пољопривредних активности, као и све већег саобраћаја. У урбаним срединама где је загађење изузетно велико посебно се уочава да се земљишта према садржају неких тешких метала могу детерминисати као урбани или рурални типови. Према подацима јапанских аутора, годишње повећање садржаја неких тешких метала у земљиштима износи: Cd 0,05 ppm, Pb и Mn 0,5 ppm (Kitagishi & Yamane, 1981).

Регионално посматрано, загађење земљишта испољава се у индустријским подручјима и урбаним срединама (фабрике, моторна возила, депоније отпада

итд.). Међутим, неки летљиви елементи (As, Se, Sb, Hg) могу се ваздушним струјањима транспортовати веома далеко, па није увек јасан извор загађења. С друге стране, због мобилности, за такве елементе тешко је утврдити природни средњи садржај у земљиштима. Загађење земљишта такође настаје коришћењем вештачких ђубрива, пестицида, отпадног муља и других материја у пољопривреди (табела 2). Дуготрајна примена фосфатних ђубрива доводи до значајног повећања садржаја Cd и F, док се други елементи у знатно мањој мери концентришу. У табели 3 дате су укупне концентрације у површинским земљиштима које се могу сматрати фитотоксичним. Коришћење отпадног муља у пољопривреди доводи до повећања концентрација Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, Cd и Hg у земљиштима (Jović & Jovanović, 2004).

Табела 2. Концентрације неких микроелемената (ppm) у ђубривима и другим додацима земљишту (различити аутори; модификовано по Kabata-Pendias & Pendias, 1984)

Елемент	Отпадни муљ	Фосфатна ђубрива	Кречњаци	Азотна ђубрива	Ђубре	Пестициди
As	2–26	2–1200	0,1–24	2,2–120	3–25	22–60
B	15–1000	5–115	10	–	0,3–0,6	–
Ba	150–4000	200	120–250	–	270	–
Be	4–13	–	1	–	–	–
Br	20–165	3–5	–	185–716	16–41	20–85
Cd	2–1500	0,1–170	0,04–0,1	0,05–8,5	0,3–0,8	–
Ce	20	20	12	–	–	–
Co	2–260	1–12	0,4–3	5,4–12	0,3–24	–
Cr	20–46.000	66–245	10–15	3,2–19	5,2–55	–
Cu	50–3300	1–300	2–225	<1–15	2–60	12–50
Ge	1–10	–	0,2	–	19	–
Hg	0,1–55	0,01–1,2	0,05	0,3–29	0,09–0,2	0,8–42
Mn	60–3900	40–2000	40–2000	–	30–550	–
Mo	1–40	0,1–60	0,1–15	1–7	0,05–3	–
Ni	16–5300	7–38	10–20	7–34	7,8–30	–
Pb	50–3000	7–225	20–1250	2–27	6,6–15	60
Rb	4–95	5	3	–	0,06	–
Sc	0,5–7	7–36	1	–	5	–
Se	2–9	0,5–25	0,08–0,1	–	2,4	–
Sn	40–700	3–19	0,5–4	1,4–16	3,8	–
Sr	40–360	25–500	610	–	80	–
Te	–	20–23	–	–	0,2	–

Елемент	Отпадни муљ	Фосфатна ђубрива	Кречњаци	Азотна ђубрива	Ђубре	Пестициди
U	–	30–300	–	–	–	–
V	20–400	2–1600	20	–	–	45
Zn	700–49.000	50–1450	10–1450	1–42	12–250	1,3–25
Zr	5–90	50	20	–	5,5	–

Табела 3. Укупне концентрације неких микроелемената у површинским земљиштима које се сматрају за фитотоксичне (различити аутори; модификовано по Kabata-Pendias & Pendias, 1984)

Елемент	Концентрација (ppm)	Елемент	Концентрација (ppm)
Ag	2	Mn	1500-3000
As	15–50	Mo	2–10
B	25–100	Ni	100
Be	10	Pb	100–400
Br	10–20	Sb	5–10
Cd	3–8	Se	5–10
Co	25–50	Sn	50
Cr	75–100	Tl	1
Cu	60–125	V	50–100
Hg	0,3–5	Zn	70–400

У табели 4 приказана је концентрација токсичних елемената у нормалним и загађеним земљиштима, које показују колико могу износити та загађења.

Табела 4. Концентрације As, Cu, Cd, Ni, Pb и Hg у земљиштима (Cox, 1995)

Земљишта	As	Cu	Cd	Ni	Pb	Hg
нормална	1–10 ppb	30 ppm	0,35 ppm	50 ppm	2–200 ppb	0,01–0,5 ppb
загађена	10–1000 ppb	100–10.000 ppm	до 1000 ppm	100–500 ppm	1–30 ppm	0,5–50 ppb

Око прометних ауто-саобраћајница утврђено је присуство Pb-алкила. Чак и на удаљености до 30 m од ауто-путева одређено је присуство тетраметил-олова. Честице прашине представљају супстрат за трансформацију сорбованих оловних врста у чврсте неорганске оловне компоненте. Што се тиче механизма атмосферског транспорта познато је да око 45% Pb остаје у ваздуху у предграђима (Jović & Jovanović, 2004).

Око топионица, у пречнику око 5 km, Pb се углавном налази у прашини и у најситнијем материјалу из димњака. Међутим, емисије из димњака загађују околину и на већој удаљености. Олово се концентрише у површинском слоју земљишта, а временом постепено продире у дубље хоризонте. То кретање наниже прилично је споро због релативне нерастворљивости Pb-компонената и изразите везаности за површинске органске фракције. Важно је да олово које је присутно у површинском слоју земљишта није доступно за биљке, јер је комплексирано и везано за органску материју. Његова расположивост смањује се са повећањем рН вредности земљишта, капацитета катјонске измене, садржаја органске материје и нивоа расположивог фосфора (Jović & Jovanović, 2004).

Загађење земљишта As повезано је са близином индустријских постројења (нарочито топионица Cu), али и превеликог коришћења пестицида на бази As. Арсен је у земљиштима углавном у органским облицима који су мање токсични у односу на његова неорганска једињења As. Такође, део As у земљиштима потиче од фосфорних ђубрива, а део од атмосферског таложења јер су његова једињења испарљива. Сагоревањем фосилних горива ослобађа се значајна количина As и одлази у атмосферу. Максимална дозвољена концентрација овог елемента у земљиштима зависи од начина коришћења земљишта: од 10 mg/kg за повртњаке до 40 mg/kg за паркове и игралишта (Bogdanović et al., 1997).

Жива у земљишта може dospети преко вештачких ђубрива, креча, пестицида, фунгицида, из топионица метала, преко сагоревања фосилних горива и органских материја. Међутим, пошто је Hg волатилна, део неорганске Hg испари из земљишта. Повећану количину Hg у атмосфери дају топионице и термоелектране, па се она враћа на површину Земље и загађује површински слој земљишта.

Повећане концентрације Cd у земљиштима потичу од примене фосфорних ђубрива, од атмосферског таложења, услед индустријског испуштања (рудници, топионице) итд.

Бакар се такође може појавити у повишеним концентрацијама у земљиштима, а потиче из топионица метала, од примене вештачких ђубрива, фунгицида и бактерицида. Нарочито су изражене високе концентрације Cu у воћњацима и виноградима, у које је доспео преко употребе хемијских средстава за заштиту биљака (бордовска чорба – смеша раствореног плавог камена и кречног млека).

## ОРГАНСКИ ЗАГАЂИВАЧИ ЗЕМЉИШТА

Загађење земљишта преко својеврсних хемијских и биолошких филтера, међутим, умањује негативно дејство неорганских и органских загађивача на



подземне воде и биосфери. Да би се могло предвидети понашање органских загађивача у одређеним земљиштима и оценити могуће штетно деловање на поземне воде и биосфери неопходно је познавање процеса сорпције и деградације. У земљиштима су процеси сорпције (адсорпција и десорпција) органских молекула зависни од њихових особина и од површинских особина самог земљишта (McBride, 1994). Главни органски загађивачи у земљишту су пестициди (хербициди, инсектициди, фунгициди, алгициди, различити регулатори раста биљака). Обично се они разлажу током вегетационог периода биљака. Осим миграције у земљиште, пестициде могу преносити и падавине и ветар. Еколошка пољопривреда потпуно избегава употребу хемијских пестицида и инсистира на коришћењу природних пестицида и органских ђубрива.

## РАДИОАКТИВНИ ЕЛЕМЕНТИ У ЗЕМЉИШТИМА

Садржај и дистрибуција радиоактивних елемената у земљишту, води и ваздуху далеко су значајнији од њихових садржаја у стенама. Резидуална земљишта углавном одражавају садржај U у матичним стенама, мада може доћи до обогаћења или осиромашења зависно од рН и Eh вредности, нарочито тамо где долази до акумулација хуминских органских материја. Као пример може да послужи северна Шведска где у тресетиштима има до 3,1% U (на бази суве материје; Armands, 1967).

При површинском распадању стена долази до раздвајања U од продуката његовог радиоактивног распадања због различитих хемијских својстава и полувремена распадања.

Земљишта најчешће имају нижу радиоактивност него стене од којих су настала. Гранити показују далеко већу радиоактивност него базичне стене. Међутим, неки глинци могу садржавати десет и више пута U него гранити са највишим садржајима овог елемента.

Према литературним подацима, средњи садржај U у земљиштима најчешће показује опсег 1–5 ppm, а Ra 0,1–2,0 pCi<sup>g</sup><sup>-1</sup>. С друге стране, садржај Th у земљиштима обично је око 10 ppm, а у површинским водама 0,005–0,1 ppb (Jović & Jovanović, 2004).

Интензивна употреба фосфатних ђубрива повећава ниво U у земљиштима и околини (Michie & Cooper, 1978). Спрашени стенски фосфат може да садржи 100–200 ppm U.

Посебан проблем појављује се у околини рудника урана (активних и напуштених), који може трајати веома дуго. Коришћење осиромашеног урана у војне сврхе довело је и до значајног загађења земљишта у неким деловима света, а посебно на више локација у Србији. Деконтаминација таквих земљишта представља дуготрајан процес, и она никада неће бити иста као пре бомбардовања.

## ОЦЕНА РАСПОЛОЖИВОСТИ ХЕМИЈСКИХ ЕЛЕМЕНАТА И ЗАГАЂЕЊА ЗЕМЉИШТА

До пре неколико деценија скоро сви публиковани радови о дистрибуцији микроелемената у земљиштима односили су се на њихову укупну концентрацију. Укупна концентрација неког елемента може бити корисна код оцене биорасположивости и загађења само у случају да се елемент налази у облику просте врсте. Међутим, та појава је поприлично ретка у природи, а најчешћи је случај да се одређени елемент налази у различитим хемијским облицима који условљавају његово понашање. Познато је да најзаступљеније врсте не морају бити и најреактивније, па се за оцену понашања неког елемента у земљишту (биорасположивост, токсичност, дистрибуција) не може користити укупна концентрација, већ концентрација у појединим облицима. Јер, извесни елементи (Se, As, Hg) мењају своје форме у животној средини за време површинског распадања, за време узимања од биоте, фиксације у седиментима и земљиштима, ремобилизације итд.

Дистрибуција елемената може се оценити помоћу секвенцијалних екстракцијских анализа. Те анализе захтевају доста времена, али то надокнађују многим подацима о пореклу, начину појављивања, биолошкој и физичкохемијској расположивости, миграцији и транспорту различитих елемената.

Микроелементи су у земљиштима расподељени на неколико начина:

- у кристалној решетки минерала;
- у међуслојним просторима филосиликата;
- адсорбовани на површини минерала;
- асоцирани са оксидима и хидроксидима Fe и Mn;
- адсорбовани или апсорбовани на органској материји;
- растворени у интерстицијској води земљишта.

Наведени редослед указује на могућност ослобађања елемената: елементи су најстабилнији у кристалној решетки, а најлакше се ослобађају из лакорастворних једињења у интерстицијској води.

Селективна хемијска екстракција земљишта обавља се коришћењем реагенаса растуће реактивности и свака фаза (фракција) понаособ се анализира. Најчешће се разматрају следеће фракције: изменљиви и лакорастворни катјони, карбонатна фаза, редукциона фаза, органска фаза, сулфидна фаза и резидуална фаза (Јовић, 2000).

## РЕМЕДИЈАЦИЈА ЗАГАЂЕНИХ ЗЕМЉИШТА

Ремедијација представља систем мера ради смањења загађења преко снижавања концентрација различитих загађивача на онај ниво који је прихватљив

за животну средину. То је посебно важно због њиховог могућег продирања у подземне воде, као и могућности да на различите начине уђу у ланац исхране.

Загађена земљишта могу се пречистити на неколико начина: биолошки, хемијски, физички и термички. У последње време све већа пажња посвећује се фиторемедијацији. Ова „зелена“ технологија има могућности да захвати велике површине земљишта, а захтева мале трошкове. Важно је само одабрати одређене биљне врсте за које је познато да акумулирају поједине тешке метале (нарочито биљке хиперакумулатори, Mirsal, 2004; Marić et al., 2019).

## ЗАКЉУЧАК

Загађење земљишта представља горући светски проблем, јер од земљишта зависи људска популација. Главни загађивачи су: индустрија, саобраћај, пољопривреда, депоније отпада, киселе кише итд. Све бројнија људска популација захтева огромну производњу хране, а на другој страни све је већа деградација и смањење површина обрадивог земљишта. Због тога је веома важно познавање узрока и последица глобалног загађења земљишта, као и могућности ремедијације већ загађених земљишта.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Adriano D. C. (1986): *Trace Elements in the Terrestrial Environment*. Springer-Verlag, 533 p.
- [2] Andrew-Jones D. A. (1968): The application of geochemical techniques to mineral exploration. *Colorado School of Mines Mineral Industries Bulletin*, 11 (6), 1-31.
- [3] Bogdanović D., Ubavić M., Hadžić V. (1997): Teški metali u zemljištu. U: R. Kastori (urednik), *Teški metali u životnoj sredini*, 95-152, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- [4] Bowen H. J. M. (1979): *Environmental Chemistry of Elements*. Academic Press, London.
- [5] Brady N. C. (1974): *The Nature and Properties of Soils*. 8<sup>th</sup> Edition, Macmillan, New York, 639 p.
- [6] Vinogradov A. P. (1959): *The Geochemistry of Rare and Dispersed Chemical Elements in Soils*. Consultants Bureau Inc., 209 p.
- [7] Davies B. E. (ed.) (1980): *Applied Soil Trace Elements*, John Wiley & Sons, New York.
- [8] Ellis S., Mellor A. (1995): *Soils and Environment*. Routledge Physical Environment series, 364 p.
- [9] Јовић В. (2000): *Површинско распадање вулканских сивена у Србији*. Савремена администрација, Београд, 302 стр.
- [10] Jović V., Jovanović L. (2004): *Geohemijske osnove ekološkog menadžmenta*. Monografija, Ecologica, Beograd, 216 str.

- [11] Kabata-Pendias A., Pendias H. (1984): *Trace Elements in Soils and Plants*. CRC Press, Florida, 315 p.
- [12] Kabata-Pendias A. (2011): *Trace Elements in Soils and Plants*. 4<sup>th</sup> edition, CRC Press, Florida, 534 p.
- [13] Kitagishi K., Yamane I. (1981): Heavy metal pollution in soils in Japan. Japan Science Society Press, Tokyo.
- [14] Marić M., Cvetković A., Žikić S. (2019): Održivo upravljanje životnom sredinom korišćenjem tehnika fitoremedijacije zemljišta. *Ecologica*, No. 55, god. XXVI, 376-381.
- [15] McBride M. B. (1994): *Environmental Chemistry of Soils*. Oxford University Press, New York – Oxford, 406 p.
- [16] Mirsal I. A. (2004): *Soil Pollution – Origin, Monitoring & Remediation*. Springer, 252 p.
- [17] Mitchell R. L. (1964): Trace elements in soils. In: F. E. Bear (editor), *Chemistry of the Soil*, 2<sup>nd</sup> edition, Rheinhold Publ. Co., New York.
- [18] Mitchell R. L. (1972): Cobalt in soil and its uptake by plants. 9. *Simposio Int. di Agrochimica*, 521, Punta Ala, Argentina.
- [19] Tarrdellas J., Bitton G., Rossel D. (1997): *Soil Ecotoxicology*. Lewis publishers.
- [20] Ferguson J. E. (1990): *The heavy elements: chemistry, environmental impact, and health effects*. Pergamon Press, Oxford – New York, 614 p.
- [21] Fortescue J. A. C. (1980): *Environmental Geochemistry. A Holistic Approach Ecological Studies*. Springer Verlag.
- [22] Cox P. A. (1995): *The Elements on Earth*. Oxford University Press, 287 p.
- [23] Yaron B., Calvet R., Prost R. (1996): *Soil Pollution – Processes and Dynamics*. Springer, 313 p.

*Vidojko Jović*

## SOIL POLLUTION – CAUSES AND CONSEQUENCES

### S u m m a r y

Contemporary soil pollution and increasing surfaces of degraded land are causing concern worldwide. The main polluters are: industry, traffic, agriculture, landfills, acid rains etc. Organic pollutants and radioactive elements have been investigated in particular detail. The evaluation of pollution has been shown through application of sequential extraction analysis. The polluted soil can be refined using various technologies of remediation.

The growing human population requires a vast production of food, while on the other side there is a growing degradation and a decrease of arable soil surface. This points to the importance of understanding the cause and consequences of global land pollution, as well as the possibilities of remediating already polluted soil.