

ТРИБИНА БИБЛИОТЕКЕ САНУ

ГОДИНА VI

БРОЈ 6

SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

---

---

# THE SASA LIBRARY FORUM

**YEAR VI**  
**VOLUME 6**

Accepted on December 26th 2017, at the 10th meeting of the SASA Department of  
Language and Literature, following the reviews of academician  
*Nada Milošević-Dorđević* and academician *Predrag Piper*

Editor-in-chief  
academician  
MIRO VUKSANOVIĆ

BELGRADE  
2018

ISSN 2335-0121

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

---

---

# ТРИБИНА БИБЛИОТЕКЕ САНУ

ГОДИНА VI

БРОЈ 6

Примљено на X скупу Одељења језика и књижевности  
од 26. децембра 2017. године, на основу рецензија академика  
*Наге Милошевић-Ђорђевић* и академика *Предрага Пићера*

Уредник  
академик  
МИРО ВУКСАНОВИЋ

БЕОГРАД  
2018

© Српска академија наука и уметности, 2018

Трибина Библиотеке САНУ основана је да приказује јавности нове књиге чланова САНУ, нова издања САНУ и њених института, из свих области наука и уметности. Први уредник Трибине био је академик Никша Стипчевић, управник Библиотеке САНУ од 1991. до 2011. године. Од октобра 2011. године уредник Трибине је академик Миро Вуксановић, управник Библиотеке САНУ.

Годишњак *Трибина Библиотеке САНУ* покренут је 2013. године. У првом броју донет је целовит преглед приказаних књига у Салону САНУ од 1991. до јуна 2011. године, а потом, у хронолошком низу, текстови казани на Трибини од новембра 2011. до краја 2012. године. У другом броју штампани су текстови са Трибине из 2013. године. У трећем броју објављени су текстови са Трибине из 2014. године. У четвртм броју су текстови са Трибине из 2015. године. У петом броју су текстови са Трибине из 2016. године. У шестом броју су текстови са Трибине из 2017. године.

Прилози се објављују без измена. Дати су наслови где их није било на саопштењима.

ТРИБИНА БИБЛИОТЕКЕ САНУ  
17. I 2017 – 5. XII 2017.

Уредник  
академик Миро Вуксановић

Стручне сараднице  
Стасја Церовић • Биљана Јоцић



## САДРЖАЈ

<i>Византијско наслеђе и српска уметности. Књ. 1–3 / главни уредници Љубомир Максимовић, Јелена Триван . . . . .</i>	<i>11</i>
<i>Едиција Корени : српске земље, насеља, порекло сјановништва и обичаји [фотиописко издање радова Јована Цвијића и његових следбеника] / уредник и приређивач Борисав Челиковић . . . . .</i>	<i>25</i>
<i>Пруси и виолина у Забели : о Михаилу Ђурићу поводом његовогодишњице његовој ујокојења : (2011–2016) / Данило Н. Басић . . . . .</i>	<i>43</i>
<i>Чувар достојанства филозофије : споменница о годишњици смрти академика Михаила Ђурића : (1925–2011) / приредио Данило Н. Басић . . . . .</i>	<i>43</i>
<i>Наука : стање, стабилност, перспективе : зборник радова са научној скупи одржаној 5. и 6. јуна 2015. / уредник Александар Косић . . . . .</i>	<i>57</i>
<i>Свеплошћ у развоју друштва : прошлост, садашњост и будућност / уредници Зоран В. Појовић, Бранислав Јеленковић . . . . .</i>	<i>63</i>
<i>Минерални ресурси никла у Србији и утицај на животињу средину / уредник Видојко Јовић . . . . .</i>	<i>81</i>
<i>Фауна рејонских водоземаца Србије / Георј Цукић, Тања Д. Вуков, Милош Ј. Калезић ; уредник Радмила Пејановић . . . . .</i>	<i>81</i>

<i>Зайамћења / Василије Ђ. Кресћинћ</i> .....	95
<i>Манастир Свуденица : 700 година Краљеве цркве / уредник Љубомир Максимовић, Владимир Вукашиновић</i> .....	107
<i>Свети Никитиа код Скопља : задужбина краља Милутина / Миодраћ Марковић</i> .....	107
<i>Србија и Русија : 1814–1914–2014 : међународни научни скупи 13–14. октобар 2014. године / уредник Михаило Војводић</i> .....	125
<i>Косовско-меџохијски зборник. 6 / уредник Михаило Војводић</i> ..	125
<i>Гени и џеном / уредник Милена Свевановић</i> .....	135
<i>Основи манипулација џенима / Милена Свевановић</i> .....	135
<i>Depleted uranium induced Petkau effect : challenges for the future / Svetlana Zunic, Ljubisa Rakic.</i> .....	156
<i>Дан Библиотеке САНУ посвећен Вељку Пејровићу (1884–1967–2017)</i> .....	177
<i>Свјане и џерсејктивне мултикултурализма у Србији и државама ређиона : зборник радова са научној скупи одржаној 10–11. септембра 2015. / уредници Војислав Свјановчић, Горан Башић</i> .....	189
<i>Свјо српских академика у Колекцији Одговори Милоша Јевђића.</i> .....	209
<i>Тесла за сва времена / уредници Зоран В. Појовић, Дејан Појовић, Слободан Вукосавић</i> .....	225
<i>Од Сунчевој сисвема до џраница васионе / уредник Зоран Кнежевић</i> .....	225
<i>Модернизација Србије џрадицелским законима од 1837. до 1903. / [сакупио] Бранислав Крсћинћ ; уредници Часлав Оцић, Милан Лојаница</i> .....	247
<i>Глас САНУ ; књ. 426. Одељење друштвених наука ; књ. 32 / уредник Данило Басија</i> .....	247



<i>Епидемија њазносѝи и Србија / уредник Драѝан Миѝић . . . . .</i>	<i>259</i>
<i>Знамениѝи Срби о Хрваѝима / Василије Ђ. Кресѝић . . . . .</i>	<i>263</i>
<i>Великохрваѝске ѝреѝензије на Војводину, Босну и Херѝеѝовину = Greater Croatian pretensions to Vojvodina and Bosnia and Herzegovina / Василије Ђ. Кресѝић ; [ѝреводилица Таѝѝјана Ђосовић] . . . . .</i>	<i>263</i>
<i>Љубомир Симовић / ѝрпредио Боѝдан А. Поѝовић . . . . .</i>	<i>279</i>
<i>Именик ауѝора, уредника и ѝоворника . . . . .</i>	<i>295</i>



**Depleted uranium induced Petkau effect : challenges for the future /**  
Svetlana Zunic, Ljubisa Rakic. – New York : Nova Science Publishers,  
2016

**Говорили:** академик Љубиша Ракић  
проф. др Светлана Жунић  
проф. др Ђуро Коруга  
др Драгана Ђорђевић

У Београду, уторак 6. јун 2017. у 13 часова

### О ЈЕДНОМ ДАТУМУ И ЈЕДНОЈ КЊИЗИ

Ми смо на овогодишњим трибинама, од јануара до данас, укључујући и издања која излазе у серијама, приказали 45 књига и научних зборника, из различитих области науке и уметности, говорило је 39 академика, професора универзитета и других научника. Ови подаци показују богатство издавачке делатности у Академији и активност академика у тој делатности. Све што је речено на Трибини већ је у припреми да буде објављено у њеном годишњаку, и то остаје као трајно сведочанство о овој активности Академије која траје од 1991. године.

Ми данас приказујемо књигу која је, по позиву, објављена у Њујорку, у серији „Проучавање радиоактивних материја и нуклеарних катастрофа“. У средишту пажње је утицај осиромашеног уранијума као извора ниске радијације, са подацима из Србије, Црне Горе, Босне и Херцеговине.

Књигу коју смо одабрали за данашњи сусрет написали су проф. др Светлана Жунић и академик Љубиша Ракић. По жељи аутора, осим

њих, говориће и проф. др Ђуро Коруга и научни саветник др Драгана Ђорђевић.

(Реч уредника Трибине)

М. В.

Љубиша Ракић

### РЕЧ АУТОРА НА ПРЕДСТАВЉАЊУ КЊИГЕ

Налазимо се у стању друштва и науке у покрету: од традиционалног до либералног, од предвидивог до неизвесног, од законодавног до револуционарног и од локалног до глобалног. Наш задатак је одржање научног дигнитета, против импровизација и псеудонауке. „Science is not the Silence!“ Треба одржати критичност у усавршавању адекватне научне методологије, против конзервативизма и импровизације!

Последњих деценија смо суочени са неуобичајеним физичким феноменима, климатским екстремима, природним катаклизмама, ерупцијом дегенеративних и малигних обољења у свету. Покрећу се бројна питања о узроцима тих појава. Један од изазова јесте штетни ефекат муниције са осиромашеним уранијумом која је коришћена од почетка деведесетих година до данас.

Потпуни ембарго на информације о биолошким ефектима осиромашеног уранијума почиње да бледи у светлу спознаје о појави сличних здравствених проблема код војника НАТО алијансе и цивилног становништва земаља које су бомбардоване пројектиlima са осиромашеним уранијумом.

Пре две године нам је упућен позив америчке издавачке куће у Њујорку да напишемо монографију о ефектима осиромашеног уранијума. Са рецензијом страних научника, крајем 2016. године изашла је из штампе монографија под називом: *Depleted Uranium Induced Petkau Effect – Challenges for the Future*. Ова монографија је резултат сарадње Академијског одбора за биомедицинска истраживања САНУ и Клиничког центра Србије из које су произашле публикације на ову тему штампане у међународним научним часописима од 2013. године.

Употреба нуклеарног оружја обележила је другу половину двадесетог века и почетак новог миленијума. Прве нуклеарне бомбе бачене су на велике градове у Јапану 1945. године. У нуклеарној бомби која је бачена на Хирошиму налазило се пуњење око 35 кг U-235, а у бомби баченој на Нагасаки око 6,5 кг Pu-239. Нуклеарни удар је у тим случајевима довео до моменталног ослобађања енормне количи-

не енергије, која је, претежно својим бласт ефектом, али и термалним и радијационим дејством, довела до катастрофалних деструктивних последица у животној средини, уништења грађевина и смрти стотина хиљада људи.

Почетком деведесетих година претходног века започела је употреба осиромашеног уранијума у војне сврхе, у саставу пенетратора нуклеарних пројектила који су коришћени у бројним ратним сукобима у Персијском заливу и на Балкану. Пројектили са пенетраторима од осиромашеног уранијума омогућили су велику пробојност мете. За разлику од првих нуклеарних бомби бачених на Јапан, са енормним деструктивним ефектом, минијатурне нуклеарне бомбе (пројектили са пенетраторима од осиромашеног уранијума) изазвале су локалне деструктивне ефекте, али и глобални ефекат малих спорих понављаних доза јонизујућег зрачења у природи.

Данас је актуелна форензика нуклеарног удара због све веће опасности од терористичких акција у разним деловима света. У случају експлозије нуклеарног пројектила, могуће је егзактно мерење бројних физичких параметара. Међутим, у случају употребе муниције са пенетраторима од осиромашеног уранијума у нуклеарним ратовима савременог доба, честице осиромашеног уранијума микро и нанодимензија, у организам најчешће доспевају инхалацијом, преко контаминиране хране и воде, или преко оштећене коже и слузокоже.

Званични ставови истицали су искључиво локалне радијационе и токсичне ефекте осиромашеног уранијума. Одрживост таквих тврдњи потпомогнута је недостатком емпиријских података и ванредно добро организованом кампањом од стране НАТО алијансе. Недовољно је специфично образованих биомедицинских стручњака који би могли да препознају и предвиде могуће здравствене ефекте, имајући у виду физикохемијска својства осиромашеног уранијума. Према цивилно доступним подацима, у заливским ратовима и на Балкану употребљено је око 3.000 тона осиромашеног уранијума, од чега око 15 тона у Босни и Херцеговини и Србији и Црној Гори, републикама бивше СФРЈ. То значи да је у дужем временском периоду (1991–2011) на удаљености мањој од 2.000 миља (1.500 миља је удаљеност аеродрома у Багдаду од аеродрома у Београду, ваздушним путем) у испаленим нуклеарним пројектиlima било око 6 тона U-235! То би такође значило да је употребљено толико U-235 колико би било довољно за конструкцију око 170 реплика нуклеарне бомбе која је бачена на Хирошиму!

Уранијум је природни елемент из групе тешких метала, убиквитарно присутан у Земљиној кори, пијаћој води и намирницама, налази се и у људском телу. Уранијум је дугоживећи изотоп, са временом полураспада дужим од 4 милијарде година и релативно малом специ-

фичном активношћу. Специфична активност осиромашеног уранијума је 30–40% мања од специфичне радиоактивности изотопске смеше природног уранијума. Међутим, радијациони биохазард услед изложености честицама осиромашеног уранијума из нуклеарне муниције, разликује се у односу на изложеност људи који живе на земљишту које је природно богато уранијумом. Честице осиромашеног уранијума садрже мале фракције уранијума (VI) који доприноси мобилности оксида осиромашеног уранијума и контаминацији животне средине. Осиромашени уранијум има својство да ствара комплексе са органским једињењима у колоидном и солубилном облику. Доказан је ризик од контаминације како водотокова тако и укупне животне средине.

Противречна саопштења о радио и биохазарду осиромашеног уранијума, као и пропусти у егзактном доказивању радијације коју је изазвао осиромашени уранијум, разлог су одложеног разумевања стварног ризика који осиромашени уранијум примењен у војне сврхе заиста проузрокује.

Намеће се питање да ли уопште употреба муниције са осиромашеним уранијумом може да доведе до штетних ефеката у животној средини или на здравље људи. Истина је поражавајућа! Осиромашени уранијум испољава енормну токсичност тешког метала и радијациони ефекат емитера алфа, бета и гама зрачења. Као алфа-емитер сврстан је у групу I агенаса (канцероген за људе). Док је 1999. године осиромашени уранијум сматран агенсом из групе III токсичности (није класификован као канцероген за људе), 2006. је категоризован као агенс групе I (алфа-емитер – канцероген за људе) према класификацији Интернационалне агенције за истраживање канцера<sup>1</sup>.

Војна употреба осиромашеног уранијума допринела је глобалној контаминацији због преношења честица уранијума после експлозије пројектила, ваздушним струјама. Енормна јонизација која настаје услед присуства изотопа уранијума из вештачких извора, утицала је на поремећај равнотеже свих природних ресурса.

После експлозије пројектила који садржи пенетратор од осиромашеног уранијума, при температури експлозије од око 3000°C, ослобађају се ситне честице које контаминирају околину мете, али се ваздушним струјањима преносе на велике удаљености од више хиљада миља, доводећи до глобалне контаминације. Територија Србије је контаминирана не само у току НАТО бомбардовања Савезне Републике Југославије (1999) и оближњих територија – република бивше СФРЈ

<sup>1</sup> F. K. Baverstock, „The toxicity of Depleted uranium“. Presentation to the Defence Committee of the Belgian House of Representatives: [20 November 2006]. <http://www.kbaverstock.org/page6.html>.

(1994–1995), већ и све време заливских ратова почев од 1990. године.

Бројни независни истраживачи показали су да споре мале дозе јонизујућег зрачења могу да доведу и до 1000 пута већих биолошких ефеката него што је очекивани ризик. Монографија *Depleted Uranium Induced Petkau Effect – Challenges for the Future* је наш пионирски допринос разумевању радиобиолошког ефекта осиромашеног уранијума.

Петкау ефекат, једна од енигми радиобиологије, дискутован је у овој књизи као последица војне употребе осиромашеног уранијума која је проузроковала кумулативне и суперпонирајуће ефекте у животној средини и биосфери, укључујући људску популацију. Због немогућности егзактног мерења интерне контаминације, указано је на значај биолошких параметара који индиректно указују на дејство малих спорих доза јонизујућег зрачења и радиогенотоксични ефекат честица осиромашеног уранијума унетих у организам.

Рани здравствени ефекти осиромашеног уранијума су резултат радиоадаптивних и радиопротективних механизма. У пролонгираном току долази до оштећења ткива и органа са развијеним оксидативним метаболизмом. Развијају се мултисистемски и мултисимптомски поремећаји који укључују мозак, бубреге, кардиоваскуларни систем, ендокрину регулацију.

Циљ ове књиге је допринос бољем разумевању биолошког ефекта осиромашеног уранијума на људски организам, како би се, променом друштвене свести и доношењем рационалне медицинске стратегије у том погледу, умањиле погубне последице осиромашеног уранијума на људско здравље и животну средину.

Здравствене последице интерне контаминације осиромашеног уранијума нису везане само за становништво бомбардованих земаља! Најчешће здравствене последице интерне контаминације осиромашеним уранијумом су: поремећаји функције тиреоидне жлезде, малигна обољења, Заливски/Балкански синдром и аномалије плода.

Због глобалног ширења контаминираног аеросола са места бомбардовања пројектилима са осиромашеним уранијумом, ова доктрина треба да се развија и у бомбардованим земљама, као и у земљама које нису директно бомбардоване, али су контаминирани радиоактивним честицама из ваздушних струјања.

Имајући у виду глобално ширење контаминираног аеросола са ратишта где је коришћена муниција са осиромашеним уранијумом, због кумулативног ефекта и непредвидивих последица у животној средини и биосфери, укључујући људску популацију, ми смо још 2013. године предложили модел јединства биосфере и литосфере–јоносфере–атмосфере, базирано на оригиналном LAIC моделу.

Модел јединства литосфере–атмосфере–јоносфере<sup>2</sup> заснован је на повезаности јонизације ваздуха коју изазивају  $\alpha$ -честице пореклом из природних извора (радон) и загревања атмосфере. Брз раст концентрације позитивно наелектрисаних  $\alpha$ -честица у атмосфери, услед употребе хиљада тона муниције са осиромашеним уранијумом, може да индукује промене електромагнетног поља и да наруши равнотежу јединства литосфере–атмосфере–јоносфере. Модел јединства литосфере–атмосфере–јоносфере и биосфере је предложен, имајући у виду утицај стресора из спољашње средине на регулаторне механизме и пренос сигнала у људском организму<sup>3</sup>. Функционалну међузависност сложене спреге литосфере–атмосфере–јоносфере са биосфером, у основи је адаптације биосистема, али и поремећаја кључних регулаторних механизма *in vivo* када адаптивни капацитет биосистема буде превазиђен.

Монографија је допринос разумевању механизма дејства малих спорих понављаних доза јонизујућег зрачења, чиме је указано на стварне ефекте муниције са осиромашеним уранијумом на све природне ресурсе, укључујући спољашњу средину и људску популацију. Једна од порука је апел да се забрани употреба свих врста нуклеарног оружја, укључујући оно које садржи осиромашени уранијум!

Због трајне изложености живе и неживе природе дејству радиоактивних честица, тешких метала и токсичних материја, неопходно је укључивање професионалаца биомедицинских и теоријских и примењених природних наука у изучавање последица досадашњих нуклеарних ратова савременог доба. Подразумевана контаминација земљишта, водотокова, улазак осиромашеног уранијума у ланац исхране, намеће потребу за доношењем адекватне здравствене стратегије и изналажењем путева превенције и санације здравствених последица муниције са осиромашеним уранијумом, како би се омогућио живот човека у трајно контаминираним окружењу. Као и у случају првих нуклеарних бомби које су бачене на Хирошиму и Нагасаки, о последицама употребе муниције са осиромашеним уранијумом, закључиваће се на основу епидемиолошких студија и учесталости појаве неуобичајених природних феномена током више година и деценија.

---

<sup>2</sup> S. Pulinet, D. Ouzounov, „Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling (LAIC) model – An unified concept for earthquake precursors validation“, *Journal of Asian Earth Sciences* 41 (2011): 371–382. doi:10.1016/j.jseaes.2010.03.005.

<sup>3</sup> S. S. Žunić, L. M. Rakić, „Hormetic effects of depleted uranium to the biosphere and lithosphere-atmosphere-ionosphere coupling“, *J Environ Occup Sci* 2, 2 (2013): 103–107. doi:10.5455/jeos.20130911102811.



Светлана Жунић

## РЕЧ АУТОРА НА ПРЕДСТАВЉАЊУ КЊИГЕ

Информације о ефектима осиромашеног уранијума на животну средину и људско здравље су оскудне, често закаснеле, због тога што је у условима масовне употребе нуклеарног оружја у погођеним земљама било готово неизводљиво егзактно мерење  $\alpha$ -радијације. Осиромашени уранијум садржи исте изотопе као и природни уранијум, само са различитом процентуалном заступљеношћу. Мађарски научници су, на пример, саопштили да је у току бомбардовања циљева на Косову измерено мало повећање радијације, што је логично имајући у виду малу специфичну радиоактивност осиромашеног уранијума<sup>4</sup>. Базби и Морган<sup>5</sup> саопштавају резултате мерења узорака ваздуха у Великој Британији у току нуклеарних удара у Персијском заливу. Нађена је повећана концентрација уранијума на ваздушним филтрима, која се враћала на претходне вредности после завршетка ваздушних удара у којима је коришћен осиромашени уранијум.

Бројни подаци из литературе говоре у прилог локалне контаминације која настаје као последица војне примене осиромашеног уранијума, имајући у виду кратак домет  $\alpha$ -честица у ваздуху. Међутим, у току експлозије уранијумских пројектила ослобађају се оксиди уранијума који се у гасовитом стању, у облику микро и наночестица преносе на удаљености од више хиљада миља, изазивајући глобалну контаминацију. Радиоактивне честице из ваздуха доспевају у земљиште, водотокове и укључују се у ланац исхране<sup>6</sup>.

Остаци радиоактивне муниције или неексплодираних пројектила који садрже осиромашени уранијум подлежу спорој корозији у току 2–3 деценије и доприносе контаминацији спољашње средине. Људи природно одбијају да прихвате чињенице које не знају, не разумеју или које их плаше. Све то је део приче о осиромашеном уранијуму који је

<sup>4</sup> A. Kerekes, A. Capote-Cuellar, G. J. Köteles, „Did NATO Attacks in Yugoslavia Cause a Detectable Environmental Effect in Hungary?“, *Health Physics*, 80, 2 (2001): 177–178.

<sup>5</sup> C. Busby, S. Morgan, [„Did the Use of Uranium Weapons in Gulf War 2 Result in Contamination of Europe? Evidence from the Measurements of the Atomic Weapons Establishment“] [2006] Aldermaston, Aberystwyth, Green Audit. <http://www.llrc.org/aldermastrept.pdf>.

<sup>6</sup> M. Rajković, „Životna sredina i osiromašeni uranijum“, *Hemijska industrija*, 55, 7–8 (2001): 295–308.

коришћен у савременим нуклеарним ратовима. Као резултат настала је немерљива патња, глобалних размера. Постоје три могућности:

1) непризнавање постојања ризика и последица од војне употребе осиромашеног уранијума по здравље људи и животну средину;

2) прихватање претеће реалности са ставом „Ave, Cesare, morituri te salutant“;

3) студиозно приступање анализи ризика и последица и формирање стратегије за њихово превазилажење.

Последња опција је и једина могућа, ако се рачуна на будућност Земље и очување здравља популације у трајно измењеним условима животне средине.

Када је 1994. године уочен цитоморфолошки ентитет *Lupus Erythematosus* ћелија (ЛЕЋ) у педијатријским бронхоалвеоларним лаватима није могло да се претпостави ни да ће кроз неколико година Србија бити бомбардована нуклеарним пројектилама, нити да ће управо тај неспецифичан цитолошки налаз бити основ и путоказ за разумевање раних здравствених ефеката осиромашеног уранијума. Појава ЛЕЋ у узорцима испирака бронхоалвеоларног простора праћена је од 1991. године, а наше прво саопштење у светској научној литератури уследило је 1996. године<sup>7</sup>.

У монографији *Depleted Uranium Induced Petkau Effect – Challenges for the Future* приказани су и евалуирани аутентични медицински подаци који су добијени анализом узорака око 500 бронхоалвеоларних лавата (укључујући 235 педијатријских) пацијената са територије Србије, Црне Горе и Босне и Херцеговине.

Анализом бронхоалвеоларних лавата уочено је учестало појављивање ЛЕЋ, као и њихов повећан просечан принос у индивидуалним узорцима у току првих шест месеци после бомбардовања СРЈ код педијатријских пацијената који у моменту испитивања нису имали аутоимуно обољење, укључујући и системски еритемски лупус<sup>8</sup>.

Понављано бомбардовање географски оближњих територија Балкана и Персијског залива у периоду 1990–2011, догађало се, скоро по правилу, на четири године. Како је просечно време полуелиминације удахнутих честица осиромашеног уранијума из ткива плућа ~1.472

<sup>7</sup> S. Žunić, P. Minić, G. Kokai, A. Minić, „Is the Lupus Erythematosus Cell Phenomenon detected in bronchoalveolar lavage samples a nonspecific insight into pathogenesis of different pulmonary diseases?“, *Immunology & Infectious Diseases*, 6 (1996): 203–205.

<sup>8</sup> S. Žunić, „Cytological characteristics of lung washings from children in depleted uranium stroked region“, *J. Biol. Regul. Homeost Agents*, 27, 4 (2013): 961–967.

дана, нешто дуже од 4 године, због могућности сукцесивне контаминације, милионска популација у зони експозиције радиоактивном аеросолу суочена је са могућношћу трајног присуства унутрашњих извора јонизујућег зрачења, имајући у виду просечан људски век.

Због глобалног ефекта осиромашеног уранијума на природу и живи свет, здравствене последице интерне контаминације радиоактивним честицама не односе се само на становништво бомбардованих земаља.

Интерна контаминација честицама осиромашеног уранијума се подразумева, имајући у виду студију италијанских аутора<sup>9</sup>, према којој није неопходно доказати присуство осиромашеног уранијума у ткивима уколико су испитаници били у зони експозиције.

Честице осиромашеног уранијума у ткиву емитују мале споре дозе јонизујућег зрачења што је у основи *in vivo* Петкау ефекта. Петкау ефекат је испрва као *in vitro* феномен описан 1972. године као инверзни однос брзине којом ћелија прими дозу и цитотоксичног ефекта.

Иако током времена долази до смањивања радијације, биолошки ефекти понављаних малих спорих доза јонизујућег зрачења из унутрашњих извора (честица осиромашеног уранијума које су унете у организам), суперпонирају се. Радиоактивне честице осиромашеног уранијума су мешовити, алфа, бета и гама, доминантно алфа-емитери. Алфа радијација проузрокује енормну јонизацију, како у ткиву, тако и у спољашњој средини<sup>10</sup>. Честице осиромашеног уранијума у ваздуху у интеракцији са молекуларним азотом изазивају флуоресценцију и луминисценцију, што доприноси светлосном ефекту.

Електромагнетни таласи се у атмосфери интегришу у Шуманову резонанцу. Шуманова резонанца је глобална електромагнетна резонанца која се ствара и ексцитира у кавуму између Земљине површине и јоносфере светлосним бљесковима са тла<sup>11</sup>. Што је већа количина употребљене радиоактивне муниције, већи је интензитет светлосних пулсева у атмосфери.

Поље нејонизујуће радијације које укључује Шуманову резо-

---

<sup>9</sup> M. Gatti, S. Montanari, [„Impact on health by nanoparticles created by high temperature explosions“]. In *8th ETH Conference on Combustion Generated Nanoparticles*. (Avgust 2004). <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.297.1017&rep=rep1&type=pdf>.

<sup>10</sup> S. S. Žunić, L. M. Rakić, „Hormetic effects of depleted uranium to the biosphere and lithosphere-atmosphere-ionosphere coupling“, *J. Environ. Occup. Sci.* 2, 2 (2013):103–107. doi:10.5455/jeos.20130911102811.

<sup>11</sup> F. Simões, R. Pfaff, H. Freudenreich, „Satellite observations of Schumann resonances in the Earth’s ionosphere“, *Geophysical Research Letters* 38, 22 (2011): L22101. doi:10.1029/2011GL049668.

нанцију интерферира са биофреквенцијама. Магнетно поље, делује истовремено на бројне структуре укључујући ћелијску мембрану, ДНК, метаболичке и сигналне путеве.

Бројни биомолекули, укључујући металоензиме, молекуле преноснике кисеоника као и молекуле укључене у процес трансформације енергије имају улогу молекуларних антена. Њихови активни центри су окружени глобуларним полипептидним ланцима, који садрже метални јон у геометријском центру (нпр. хлорофил, хемоглобин, миоглобин). Реактивна способност тих молекула зависи управо од ексцитације њихових центара.

Електрон у биомолекулу може да буде ексцитован под дејством упадне радијације до вишег енергетског нивоа. У току деексцитације биомолекула у стабилно стање ослобађа се енергија у виду топлоте. Последишно, у ткиву може доћи до повећане експресије протеина топлотног шока (HSP).

Један од механизма којима се људски организам адаптира на промењене утицаје из спољашње средине јесте експресија протеина топлотног шока који су укључени у неуроендокрину регулацију. Индукција HSP70 под дејством електромагнетног поља је брза – развија се у току 5 минута дејства екстремно малог инпута енергије, око 14 пута нижег прага него када су у питању термални стимулуси<sup>12</sup>.

Физичко-хемијске карактеристике осиромашеног уранијума, као и биохазард услед интеракције јонизујућег и нејонизујућег зрачења са живом материјом, имплицирају да је овај радиоактивни и токсични агенс метаболички и ендокрини дисруптор.

Уколико су микрометарских и нанометарских димензија, честице осиромашеног уранијума имају велику пенетрациону моћ, из ваздуха, хране, воде доспевају у организам, продиру у циркулацију и лимфоток, практично у сва ткива и органе пролазећи кроз телесне баријере укључујући плаценту и хематоенцефалну баријеру.

Алфа-честице имају малу продорну моћ, али велики јонизациони потенцијал. Своју енергију ~5 MeV губе на кратком путу који у ткиву износи приближно 4 ћелијска дијаметра. Бета-честице и гама-зраци имају далеко мање вредности линеарног трансфера енергије у ткиву. Алфа-радијација проузрокује сложен биолошки ефекат, укључујући ћелијску смрт, мутацију гена, аберације хромозома и малигну трансформацију.

Рандомизирано и ирегуларно оштећење ткивних структура праћено је индукцијом репараторних механизма. Понављање оштећења и репарације у пролонгираном току доводи до промењене архитекту-

<sup>12</sup> M. Blank, R. Goodman, „Electromagnetic fields stress living cells“, *Pathophysiology* 16, 2–3 (2009): 71–78. doi: 10.1016/j.pathophys. 2009. 01.006.

ре ткива, што утиче на вредности дифузионог лимита за кисеоник. У слојевима ткива којима је кисеоник доступан у мањој мери мења се метаболички фенотип ћелија од гликолитичког ка липогеном. У условима повећане пролиферације, ћелије се прилагођавају релативној хипоксији, мењају се њихова метаболичка и имунолошка својства, развијају се пренеопластичке, а касније и неопластичке лезије.

После смрти ћелија у плућном ткиву, њихови остаци се одстрањују фагоцитозом посредством алвеоларних макрофага<sup>13</sup>. У пролонгираном оштећењу ткива (мале, споре, понављане дозе) алвеоларни макрофази фагоцитишу ткивни дебрис, накупљају гвожђе и подлежу фероптози. Друге ћелије беле лозе мигрирају из циркулације у плућно ткиво, својом фагоцитном способношћу одстрањују оштећене ћелије и ткивни дебрис. Због накупљања фагоцитованог материјала, поједине ћелије стичу изглед ЛЕЋ. У пролонгираном току се локално развија инфламација.

Појава ЛЕЋ у узорцима лавата схваћена је као неспецифична манифестација раног радиоадаптивног одговора ткива плућа у радијационом алвеолитису изазваном малим спорим дозама јонизујућег зрачења<sup>14</sup>. Радијациони и токсични ефекат осиромашеног уранијума у животној средини и биосистему индукује хорметске (адаптивне) механизме који се опиру насталој промени до извесног нивоа. Са превазилажењем радиоадаптивног/радиопротективног капацитета ткива, развијају се инфламаторни и аутоимуни процеси који прерастају у дегенеративна и аутоимуна обољења, а у каснијим фазама долази до развоја малигне лезије. Мале дозе  $\alpha$ -радијације из интерних  $\alpha$ -емитера, као што је осиромашени уранијум, индукују бустандер ефекат – вид радиоадаптивног одговора ћелија које нису директно погођене радијацијом и настаје услед паракриних регулаторних утицаја.

Касније, превазилажењем радиоадаптивног/радиопротективног капацитета ткива, развијају се аутоинфламаторни/аутоимуни процеси који прерастају у дегенеративна и аутоимуна обољења. Највише су погођена ткива чија функција зависи од оксидативног метаболизма, укључујући бубреге, скелет, мишиће, нервни систем.

Имајући у виду сложен поступак за доказивање и мерење интерне

---

<sup>13</sup> S. Žunić, J. Milošević, S. Ruždijić, G. Đorđević-Denić, Lj. Rakić, „Semiquantitative cytochemistry in evaluation of apoptotic capacity in bronchoalveolar lavage of smokers and patients with non-small-cell-lung cancer“, *J. Biol. Regul. Homeost. Agents* 18, ¾ (2004): 372–380.

<sup>14</sup> S. Žunić, Lj. Rakić, „Environmental and health effects of depleted uranium“. Chapter 3. In *Uranium: Sources, Exposure and Environmental Effects*, J. R. Nelson (ed.), (Nova Science Publishers. New York, 2015), 53–86.

контаминације и процену здравствених ефеката осиромашеног уранијума, промовисано је одређивање одговарајућих биомаркера.

На основу резултата цитохемијске анализе алвеоларних макрофага код адултних пацијената, методом неуронских мрежа, формулисан је биодозиметријски модел који репрезентује дозну зависност биолошког одговора од изложености ткива плућа малим спорим понављаним дозама јонизујућег зрачења из интерних извора радијације, укључујући и осиромашени уранијум<sup>15</sup>.

Клиничка апликабилност биодозиметријског модела је у могућности предвиђања индивидуалног ризика настанка неопластичке лезије на основу само два апоптотска параметра и израчунате вредности изложености дуванском диму, односно алфа емитерима које удахнуте честице дувана садрже и које адсорбују из удахнутог ваздуха.

Ова монографија је допринос промени важећих ставова и указује на следеће:

- ЛЕЋ присутне у нативном узорку бронхоалвеоларног лавата могу се доказати у одсутности системског обољења везивног ткива;
- Бомбардовање пројектилама који садрже осиромашени уранијум изазива глобалну контаминацију због преношења честица уранијума после експлозије пројектила, ваздушним струјама на удаљености од више хиљада миља. Контаминација свих природних ресурса, укључујући ваздух, воду и биосферу, узрок је интерне контаминације популације у широком региону експозиције, најчешће путем инхалације.
- Примена осиромашеног уранијума у војне сврхе резултује променама животне средине које се манифестују емпиријски неуобичајеним феноменима, температурним екстремима, пожарима и промењеном сеизмичком активношћу. На локалитетима који су деконтаминирани после мирнодопских нуклеарних акцидентата и нуклеарних ратова, у случају пожара долази до реконтаминације радиоактивним честицама из дубљих слојева земљишта. Реакција уранијума са кисеоником из ваздуха доводи до појаве самозапалљивости, па је могуће да су бројни шумски пожари проузроковани запаљивим деловима муниције са осиромашеним уранијумом који су заостали после бомбардовања. Повећана фреквенција шумских пожара забележена је на територији Србије и околних земаља, при чему је у Републици Србији захваћена површина око 40.000 ха; површина територије захваћена пожаром показује значајан пик у периоду 1995–1997. године (одговара бомбардовању

---

<sup>15</sup> Ibid.

Босне и Херцеговине) и 1999–2001 (после бомбардовања СРЈ)<sup>16</sup>.

Закључци о здравственим последицама након војне употребе осиромашеног уранијума доношени током година, засновани су на противуречним подацима из литературе и саопштењима. Међутим, растући трендови оболевања од малигних и немалигних обољења како у Србији, тако и у Европи и свету, дају нови увид и неопходни су за критичан став и игнорисање полуистина. Свака студија која се тиче штетног дејства осиромашеног уранијума на природу и на људско здравље нема краја. Краја нема, јер је и штетни утицај уранијума и вештачки створених радионуклида трајан, имајући у виду време полураспада дугоживећих радионуклида који се може мерити милијардама година.

Тема која се тиче здравствених ефеката осиромашеног уранијума у Србији такође нема закључак. После војне употребе осиромашеног уранијума, наша стварност више није иста. Време је за демистификацију и чињенично засновану акцију како би се последице његове употребе, колико је то уопште могуће, контролисале.

Закључак би био само увод у питање и нову тему: да ли је могуће препознати и контролисати штетне ефекте осиромашеног уранијума? Здравствена стратегија треба да укључи мере ране детекције и праћења: 1. параметара штитасте жлезде и канцера; 2. пренаталне дијагностике; 3. унапређене ране дијагностике и адекватне терапије малигних и немалигних обољења.

Неопходно је подићи свест о професионалном руковању са изворима јонизујућег зрачења на највиши ниво. То укључује и јасну процедуру, координирану на међународном и националном нивоу, шта предузети у случају масовне контаминације, не само у току нуклеарног рата већ и мирнодопских нуклеарних катастрофа.

Драгана Ђорђевић

## ЕКОХЕМИЈСКА СУДБИНА ОСИРОМАШЕНОГ УРАНИЈУМА У СРБИЈИ

*Увод*

Након употребе у Заливском рату 1991. године, осиромашени уранијум је испален и у операцијама НАТО-а у Босни и Херцеговини 1994. и 1995. године. Уранијум је тада бачен у околини Хан-Пијеска у источном делу данашње Републике Српске .

<sup>16</sup> Ibid.

Према подацима UNEP-а, на целој територији Косова и Метохије 1999. године дејствовано је муницијом са осиромашеним уранијумом, и то највише у рејону Драгаша, Ђаковице и Дечана . Осим тих, експерти UNEP-а испитивали су и друге контаминирани локации у Савезној Републици Југославији .

Министарство за развој, науку и заштиту животне средине Савезне Републике Југославије 2000. године издало је документ у којем су на страни 47 наведене локације у Савезној Републици Југославији које су бомбардоване пројектилама са осиромашеним уранијумом. На простору јужно од паралеле 44, према подацима НАТО-а, седам локација у Србији (на југу Републике Србије) и једна у Црној Гори (полуострво Луштица, рт Арза) гађане су осиромашеним уранијумом. Према истим подацима, бачено је укупно 31.000 пројектила. Међутим, према проценама српске војске испаљено је око 50.000 пројектила. У сваком од тих пројектила налазио се пенетратор од осиромашеног уранијума дужине 95 mm и пречника 16 mm са просечном тежином око 300 g. Отуда се и процењена укупна маса осиромашеног уранијума која је тада унесена у наше животно окружење креће у распону од 1 до 1,5 t.

У споменутом документу UNEP-а о испаљеном осиромашеном уранијуму на Косову и Метохији, између осталог, наводи се и следеће: приликом експлозије тих пројектила значајан део осиромашеног уранијума сагорева ослобађајући спрашени материјал у атмосферу, и то у честицама фракције  $< 5 \mu\text{m}$ , које имају акутно неповољан утицај на здравље људи, пре свега на здравље плућа јер се ове честице не задржавају у горњим дисајним путевима. Високе температуре, које при експлозији пројектила иницирају ослобађање ултрафиних честица аеросола, микрометарских и нанометарских величина, повећавају и оксидационо стање уранијума, при чему стварају услове за његову високу растворљивост и миграцију. Наиме, крупне честице се депонују у ближој околини експлозије, док ситне честице опстају у атмосфери. Преносећи се на велике удаљености, оне се успут постепено депонују на тлу. Због малих димензија честица, овај аеросол се у атмосфери може задржати данима, па чак и недељама, и може се преносити стотинама па и хиљадама километара од места његовог настанка. Иако је и сам по себи опасан, аеросол о којему је овде реч садржи још и осиромашени уранијум, који синергетски знатно појачава неповољан утицај на здравље људи, и то нарочито због присуства радиоактивног и поврх свега екстремно токсичног уранијума. И поред тога што се уранијум не налази на листи канцерогених супстанци, у његовом низу радиоактивног распада јављају се и канцерогени потомци. Удисањем



аеросола микрометарских величина честица овај опасан материјал се уноси директно у плућа, док честице нанометарских величина преко плућа улазе директно у крвоток.

Поред испитивања које је спровео UNEP, и научни радници Нуклеарног института „Винча“ као и експерти Војске Савезне Републике Југославије детаљно су истражили контаминирани локације. Неоспорно су утврдили и присуство пројектила са осиромашеним уранијумом и високу контаминацију локалног тла.

Експертски тим Нуклеарног института „Винча“ приступио је и чишћењу контаминираних локација, односно одговарајућем прикупљању заосталих пројектила са пенетраторима од осиромашеног уранијума. Ефикасност тог чишћења није позната јер су многи пројектили „завршили“ на неприступачним теренима или у тврдом природном материјалу, какве су на пример стене, и одакле пројектили не могу да се изваде. Једини начин да се до њих дође јесте минирање таквих локација, али у том случају поново би дошло до распршивања опасног аеросола у ваздух. Због тога су многи пројектили остављени на терену.

На трибини „Последице бомбардовања Србије (злоупотреба знања за остваривање ратних и политичких циљева)“ – која је одржана 22. фебруара 2017. године у Свечаној сали Хемијског факултета у Београду, у организацији Друштва физикохемичара Србије и Академијског одбора САНУ „Човек и животна средина“ – научни саветник др Јагош Раичевић из Нуклеарног института „Винча“ и професор др Јасмина Вујић са Универзитета Беркли из САД (која је у разговору учествовала путем видео-линка) у међусобној дискусији су се сложили са чињеницом да још није утврђен коначан број бачених пројектила, као ни број свих локација на којима су они испалени. Такође, др Јагош Раичевић је утврдио и то да је у пијаћим водама у Босни и Херцеговини констатовано присуство осиромашеног уранијума. Професор др Даница Грујичић са Медицинског факултета у Београду изнела је одређене податке о здрављу људи, при чему је говорила о забрињавајућем порасту малигних обољења код наших грађана. Овакав пораст малигнитета, како је то истакла професорка Грујичић, изгледа да се може довести у везу са последицама које су проистекле из бомбардовања муницијом са осиромашеним уранијумом у НАТО агресији 1999. године.

### *Опшће карактеристике осиромашеног уранијума*

У природи уранијум се среће, егзистира, у облику руде уранијум-диоксида у којој се он налази у три изотопна стања:  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$ ; њихов појединачни масени удео је редом: 0,007 %, 0,72 % и

98,28 %. Природни уранијум је  $\alpha$ -емитер, праћено  $\beta$  и  $\gamma$  зрачењем у свом радиоактивном низу.

Алфа-честице су, у ствари, језгра  $\text{He}^{2+}$  и као такве кратког су домета. Могу се зауставити обичним папиром.

Бета-зрачење чине брзи електрони и позитрони емитовани из језгра у току радиоактивног распада. Ово зрачење спада у јонизујуће зрачење високе енергије које производи штетне последице по живи свет.

Гама-зрачење доводи у равнотежу екцитовано језгро атома који је претрпео распад.

Као гориво за нуклеарне електране, посебан значај има само  $^{235}\text{U}$  јер под утицајем термалних електрона подлеже спонтаном распаду језгра ослобађајући велику количину енергије (око 200 MeV по распаду) која служи за добијање топлоте у нуклеарној електрани, док  $^{238}\text{U}$ , кога у руди има највише, не подлеже реакцији фисије. Када термални неутрон погоди језгро изотопа  $^{238}\text{U}$ , ланчана фисиона реакција се зауставља. Због тога се врши обогаћивање „реакторског горива“ до момента док садржај  $^{235}\text{U}$  не буде већи од 3%.

Након „сагоревања“ – реакције фисије  $^{235}\text{U}$ , његов остатак у нуклеарним реакторима износи око 0,2 %.

Табела 1. Карактеристике природног и осиромашеног уранијума

ИЗОТОП	ПРИРОДНИ УРАНИЈУМ		ОСИРОМАШЕНИ УРАНИЈУМ	
	Процентуална заступљеност (%)	Специфична активност (Bq/mg)	Процентуална заступљеност (%)	Специфична активност (Bq/mg)
$^{238}\text{U}$	99,28	12,40	99,8	12,40
$^{235}\text{U}$	0,72	0,57	0,2	0,16
$^{234}\text{U}$	0,0057	12,40	0,001	2,26
УКУПНО		25,28		14,80

У табели 1 може се уочити да је укупна активност осиромашеног уранијума смањена у односу на природни уранијум и да је однос активности језгара изотопа  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  знатно промењен у односу на природни уранијум, где је овај однос једнак 1.

Табела 2. Време полураспада изотопа  $^{238}\text{U}$  и  $^{235}\text{U}$

ИЗОТОП	$^{238}\text{U}$ (уранијумов низ)	$^{235}\text{U}$ (низ <i>ActinoU</i> )
$t_{1/2}$ (год.)	$4,468 \times 10^9$	$0,704 \times 10^9$
Крајњи производ	$^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}$

Уранијум је изузетно токсичан елемент, стога и мале количине осиромашеног уранијума представљају висок ризик и по животну средину и по здравље људи.

Стандардне радиометријске методе које се користе за мерење садржаја природног уранијума у животној средини доносе већу мерну несигурност ако се примењују за детекцију и квантификацију осиромашеног уранијума у животној средини, и то нарочито у областима нижих концентрација – реч је о његовој нижој укупној активности у поређењу са природним уранијумом. Због тога је после НАТО бомбардовања велику важност имало прилагођавање метода мерења новонасталој ситуацији на терену.

### *Резултати анализе једног случаја*

За време мојих теренских испитивања (1999) у склопу израде докторске дисертације, осиромашеним уранијумом је била бомбардована једна оближња локација. Наиме, та докторска дисертација је рађена у склопу програма МЕД-ПОЛ Светске метеоролошке организације, са циљем да се испита загађење Медитерана тешким металима из атмосфере. Модел-локација била је метеоролошка станица Савезног хидрометеоролошког завода у Херцег-Новом, која је пак била и у мрежи мерних станица програма МЕД-ПОЛ. Ова мерна станица је била удаљена око 4 км од локације која је 30. маја 1999. године гађана пројектилама са осиромашеним уранијумом.

Према динамици сакупљања узорака, предметно узорковање је отпочело 31. маја 1999. у осам часова и завршено је 1. јуна 1999. у осам часова, што чини 24-сатни узорак аеросола. С обзиром на то да у време припреме за ово узорковање, наведено бомбардовање оближње локације осиромашеним уранијумом није могло да се предвиди, те методе нашег мерења нису биле прилагођене испитивању садржаја осиромашеног уранијума у честицама испитиваног ваздуха, и то у смислу постојања адекватних „слепих проба“, почетка сакупљања узорка, временског трајања сакупљања узорака и сл. Резултат случајног узорка узетог у периоду 31. мај – 1. јун 1999. г. произилази из стандардне методе мерења тешких метала у суспендованим честицама.

Морфолошка слика природног аеросола испитиваног (пре бомбардовања) на овој локацији је била таква да се јасно уочавају облици и величине честица. Међутим, морфолошка слика аеросола сакупљеног у периоду 31. мај – 1. јун 1999. године нема јасне облике честица, може се рећи да изгледа као ситно спрашени материјал налепљен на влакнима филтера за узорковање.

Већински део узорка сакупљеног у периоду 31. мај – 1. јун 1999. г. искоришћен је за анализу садржаја тешких метала, а у остатку је  $\alpha$ -спектрометријом урађена анализа на садржај уранијума у аеросолу. Резултати мерења нису показали значајно повишен садржај уранијума у овом узорку, нити је пак било значајно поремећаја односа активности језгра изотопа  $^{234}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$ . Овај резултат може се тумачити недовољном количином сакупљеног депозита којом би се прекорачио праг квантификације. Због тога су од остатка узорака сакупљених у 1999. години сачињена 3 композитна узорка и то:

1. узорци сакупљени у периоду од почетка 1999. до краја маја 1999. године, без узорка сакупљеног 30. маја;
2. узорци сакупљени у периоду од 30. маја 1999. до почетка октобра 1999. године;
3. узорци сакупљени од почетка октобра 1999. до краја децембра 1999. године.

Средња вредност укупног садржаја уранијума у испитиваном аеросолу повишена је у летњим месецима, и то средња вишемесечна вредност, која је за више од 100% увећана у односу на период пре бомбардовања (имајући у виду да је садржај слепе пробе непознат, ово повећање процентуално може бити и много веће), а као последица процеса ресуспензије са тла под утицајем ветра претходно депонованог аеросола који је садржао осиромашени уранијум. Ресуспензија је била израженија у летњим месецима због суве површине тла услед смањених падавина. У јесењем периоду, када су падавине постале интензивније, средња вредност садржаја укупног уранијума је опала око 25% у односу на летњи период, овде се ради о смањеном утицају ресуспензије услед влажности тла и растварања депонованог осиромашеног уранијума и продирања у дубље слојеве, одакле је онемогућено његово враћање у атмосферу процесима ресуспензије.

Две године након бомбардовања рта Арзе, у августу 2001. г. сакупљени су узорци површине тла на полуострву Луштица и на улазу у Бококоторски залив.

Табела 3. Нивои активности  $^{238}\text{U}$ , садржај  $\text{U}$  и однос активности  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  у узорцима земљишта сакупљених у августу 2001. године

Узорак	$^{238}\text{U}$ (Bq kg-1)	$\text{U}$ (mg kg-1)	Однос активности $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$
Мерна станица	58,9	4,75	1,03
Зона бомбардовања	63,0	5,08	0,49
Луштица 3	31,4	2,53	1,02
Луштица 4	23,7	1,91	1,07
Луштица 5	47,7	3,85	1,07

У површинском делу тла у зони бомбардовања однос активности изотопа  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  био је поремећен, што јасно указује на присуство осиромашеног уранијума у земљишту. У другим узорцима нису нађени трагови осиромашеног уранијума.

У ослобођеном аеросолу доминирају  $\text{UO}_2$  и  $\text{UO}_3$ .  $\text{UO}_3$  је лако растворан у води градећи уранил јон  $(\text{UO}_2)_2^{2+}$ .  $\text{UO}_2$  није растворан у води; није мигративан, али у срединама са високим оксидационим потенцијалом повећава оксидационо стање и прелази у мигративни уранил јон  $(\text{UO}_2)_2^{2+}$ .

Мигративност метала, па самим тим и осиромашеног уранијума, у системима вода–земља–седимент ограничавају: адсорпција на честицама глине и ферихидроксида, образовање комплекса карбоната и редукциони услови средине, док све побројано условљава нагомилавање осиромашеног уранијума у појединим регијама, чинећи „еколошку темпирану бомбу“ која у сваком моменту може да се „активира“ променом екохемијских услова дате средине.

У време тих анализа рађено је и испитивање националних паркова, заштићених локалитета и градова у сливу Дунава у Србији, са циљем да се испитају хемијске форме тешких метала специјацијом методом секвенцијалне екстракције, за процену ризика по животну средину. Ово истраживање нас је подстакло да и узорке земљишта са локација контаминираних осиромашеним уранијумом подвргнемо методи секвенцијалне екстракције, која ће нам указати на доминантне екохемијске форме осиромашеног уранијума. Коришћена је Тесијерова метода секвенцијалне екстракције узорака неконтаминираних и контаминираних земљишта у следећим фазама:

I фаза: Лако изменљива (мигративна) фракција уранијума адсорбована на површини земљишних честица (екстрахована амонијум ацетатом);

II фаза: Фракција уранијума асоцирана са карбонатима у земљишту и лако растворљивим аморфним оксидима гвожђа и мангана (екстрахована хидроксиламин-хидрохлоридом);

III фаза: Фракција уранијума асоцирана са кристалним оксидима гвожђа и мангана (екстрахована амонијумоксалатом + оксална киселина);

IV фаза: Фракција уранијума асоцирана са органском материјом (екстрахована водоник-пероксидом);

V фаза: Фракција уранијума јако асоцирана са кристалним структурама минерала (екстрахована помоћу  $\text{HCl}$ ).

Резултат анализе показује да је природни уранијум везан за супстрате стабилних оксида гвожђа и мангана и са кристалним структурама минерала, пре свега силиката, а у мањој мери и у облику карбоната

и органске материје, док у лако изменљивој фракцији износи око 3% од укупног садржаја природног уранијума у испитиваном земљишту.

Дистрибуција уранијума у контаминираним земљишту је сасвим другачија. Најзаступљенија фаза уранијума је у лако изменљивој фракцији (адсорбована на површини честица глине) – која износи око 75% од укупног садржаја у земљишту и у облику лако растворљивих карбоната (10–15%) и знатно мање у аморфним оксидима гвожђа и мангана. Овако дистрибуиране фракције уранијума у контаминираним земљишту представљају висок ризик и по животну средину и по живи свет.

Висок потенцијал покретљивости осиромашеног уранијума у интеракцијама вода–земља–седимент представља висок ризик по животну средину у ширим размерама; угрожавајући водотокове, његовим нагомилавањем у појединим областима сукцесивним везивањем за супстрате земљишта и седимената приликом смањења његовог оксидационог стања, те отпуштањем у неповољним екохемијским условима када долази до повећања његовог оксидационог стања, чинећи „екохемијску темпирану бомбу“ која може проузроковати значајне контаминације у тим областима. За сада нису познате зоне ових утицаја од контаминираних локација.

Поред локација на југоистоку Србије, значајан акутни утицај на контаминацију нашег окружење осиромашеним уранијумом имају и НАТО интервенције на Косову и Метохији и у источној БиХ, и то кроз ослобођени аеросол који је ветром доспевао и на шире просторе Републике Србије, као и и кроз потенцијални ризик од миграције осиромашеног уранијума у системима вода-земља-седимент из тих контаминираних региона.

### *Закључак*

Неспорно је да су испитивања контаминације угрожених локалитета детаљно утврђена и од стране научних радника Нуклеарног института „Винча“ и од стране експерата Војске Републике Србије. Спорно је то што није урађено систематско праћење судбине осиромашеног уранијума у протеклом периоду.

Испитивање присуства и миграције осиромашеног уранијума стандардним методама заснованим на мерењу укупне активности, које се користе за мерења природног уранијума у животној средини, доноси већу несигурност у његовом мерењу у односу на мерење природног уранијума. Отуда је било потребно прилагођавање постојећих стандардних метода мерења како би се тачно сагледао степен конта-

минације животне средине осиромашеним уранијумом. К о м б и н а - цијом метода које се користе у хемији животне средине за секвенци- онисање хемијских форми метала присутних у земљишту и седимен- тима и радиохемијске технике мерење  $\alpha$ -спектрометрије, утврђено је да доминира мобилна (адсорптивна) и лако доступна (карбонатна) фракција осиромашеног уранијума у контаминираном земљишту, која се кретала у износу и до око 90% (адсорптивна и карбонатна фракција заједно) од укупног садржаја уранијума у контаминираном земљишту, док је удео мобилне фракције код природног уранијума знатно мањи и креће се око 3%.

Иако не постоје истраживања која би указала на екохемијски ста- тус осиромашеног уранијума у Републици Србији, публикација о којој данас говоримо представља дело од непроцењиве вредности, због до- кументованих утицаја присуства осиромашеног уранијума у нашем окружењу на људско здравље, путем Петкау ефекта, упркос изостанку сазнања о зонама доминантних утицаја, о правцима његовог прости- рања у животном окружењу, местима његове акумулације, што пак доказује да је на територији Републике Србије дошло до интеракције осиромашеног уранијума са хуманим материјалом.

Ако је осиромашени уранијум нађен у пијаћим водама у БиХ, за- што бисмо ми сматрали да се то код нас не може догодити, и то на- рочито ако се зна да је у Републици Србији број локација погођених пројектилима са осиромашеним уранијумом знатно већи!? Последњих година климатске промене су израженије и падавине су знатно интен- зивније у односу на ранији период. Оне су у знатно ширим размерама могле повећати мигративност осиромашеног уранијума.

Овакав изостанак утврђивања екохемијске судбине осиромашеног уранијума у животној средини може бити и последица одговарајућих неповољних прилика у нашој држави, затим недостатак ресурса у на- учном сектору или једноставно у протеклих осамнаест година овај проблем није био уврштен у државне приоритете.

