

Nikić Z., Letić Lj., Kovačević J., Nikolić V. 2012. *State of elements of the environment in the broader area of former uranium mines in the catchment of the Trgoviski Timok*. Bulletin of the Faculty of Forestry 107: 163-174.

Зоран Никић
Љубомир Летић
Јован Ковачевић
Весна Николић

UDK: 502.175+622.349.5(497.11 Stara planina)
Оригинални научни рад
DOI: 10.2298/GSF120905003N

СТАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ У ШИРОЈ ЗОНИ БИВШИХ РУДНИКА УРАНА У СЛИВУ ТРГОВИШКОГ ТИМОКА

Извод: На југозападним падинама Старе планине, источно од насеља Кална, у појасу букових шума, налази се рудно поље „Јања”. У оквиру овог рудног поља вршена је експлоатација урана из три рудника: „Мездреја”, „Габровница” и „Срнећи До”, који су престали са радом још 1966. године. Као последица рударења, на простору око ових бивших рудника урана, делом је нарушена природна еколошка равнотежа. Терени рудног поља „Јања” највећим делом су изграђени од гранита, а ободни део од метаморфних стена. Анализирани су, поред осталих и резултати геоеколошких испитивања из 1993. године који приказују концентрације природних радиоактивних елемената у земљишту, алувијалном наносу, на халдиштима и подземним и површинским водама. За теренска истраживања су коришћене методе радиометријског премера, еманиције и хидрогеохемијских испитивања, а њих је пратило прикупљање узорка за лабораторијска испитивања. На основу резултата геоеколошких испитивања, а имајући у виду да рударска експлоатација урана може у дужем временском периоду да наруши природну равнотежу, приказане су концентрације појединих елемената и њихов могући утицај на воду, земљиште и ваздух на истраживаном подручју.

Кључне речи: затворени рудници, уран, животна средина, вода, земљиште, ваздух, Трговишки Тимок

др Зоран Никић, редовни професор, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Београд (zoran.nikic@sfb.bg.ac.rs)

др Љубомир Летић, редовни професор, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Београд

др Јован Ковачевић, виши научни сарадник, Геолошки институт Србије, Београд

Весна Николић, дипл.инж., Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Београд

STATE OF ELEMENTS OF THE ENVIRONMENT IN THE BROADER AREA OF FORMER URANIUM MINES IN THE CATCHMENT OF THE TRGOVISKI TIMOK

Abstract: Mineral field "Janja" extends over the Southwest slope of Stara Planina Mt., eastward from the village of Kalna in the belt of beech-fir forests. Exploitation of uranium used to be performed in three mines within this area, i.e. "Mezdreja", "Gabrovnica", and "Srneći Do", which are now closed down. One of the consequences of mining around these mines is partial degradation of natural balance. The greatest part of the terrain consists of granite, whereas metamorphic rocks are at the periphery. A geological survey with respect to the concentration of natural radioactive elements in the soil within the area of aforementioned mines has been conducted once so far. Alluvial sediment, ground and surface waters, as well as disposal were also examined. During the field study, radioactivity was measured and the methods of emanation and hydro-geochemical assessment were used, which was followed by collecting of samples for laboratory examination. The state of elements of the environment within the surveyed area is presented hereinafter on the basis of the existing data, having in mind that exploitation of uranium may disrupt natural balance in the long run.

Key words: closed mines, uranium, environment, water, land, air, the Trgoviški Timok River

1. УВОД

У источној Србији, у сливу Трговишког Тимока, на југозападним падинама Старе планине, почетком педесетих година прошлог века истражено је и дефинисано рудно поље урана „Јања” (слика 1). У оквиру овог рудног поља истражено је више појава урана, а крајем педесетих година прошлог века вршена је и експлоатација у три рудника урана: „Мездреја”, „Срнећи До” и „Габровница”. Сви рудници били су са подземном експлоатацијом.

У склопу рудника „Мездреја” постојало је постројење за прераду руде капацитета 60 *t/dan*, а код рудника „Габровница” изграђено је постројење капацитета 200 *t/dan*. Постројења за прераду руде била су хидрометалуршког типа, па није постојала могућност загађивања ваздуха. Јаловина из ових рудника одлагана је у непосредној



Слика 1. Географски положај истраживаног терена

Легенда: □ – Подручје истраживања

Figure 1. Geographical position of the surveyed area

Legend: □ – Surveyed area

близини рударских јама. Депоније су формиране у виду халдишта, без посебне припреме терена за одлагање јаловине. Крајем шездесетих година прошлог века, долази до прекида рударења и сва три рудника су затворена. Тада је извршена одређена конзервација рудника и постројења за прераду.

С обзиром на то да постоје природне појаве уранске минерализације у геолошким формацијама на овом простору, пре отварања рудника, а и непосредно по затварању рудника нису вршена еколошка истраживања околине у циљу сагледавања „нултог“ стања животне средине. Током 1992-1993. године први пут је спроведен одређени обим геоколошких истраживања у циљу дефинисања контаминације терена на ширем простору око бивших рудника урана.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Истраживања у зони бивших рудника урана „Мездреја“, „Габровница“ и „Срнећи До“, у сливу Трговишког Тимока, (слика 2), спроведена су у циљу утврђивања степена евентуалне загађености животне средине природним радиоактивним елементима.

Рударско „наслеђе“ у Мездреји чине јама бившег рудника и три халдишта (Н-1, Н-2, Н-3). Некадашња рударска постројења су уклоњена, а релативно близу окна су остала халдишта. Локалитет Срнећи До налази се око 4 *km* од села Инова, узводно уз Иновску реку. На овом локалитету се налази истражни ходник који је потпуно зарушен и једно халдиште непосредно уз окно. Рударска постројења овде нису постојала. Локалитет Габровница обухвата затворени рудник, халдиште и рударска постројења која су већим делом уклоњена.

Са еколошког аспекта терен око бивших рудника урана истраживан је први пут током 1992-1993. године, а са другачијим обимом радова и 1997. и 2008. године. За истраживања која су изведена током 1992-1993. године, примењене су геохемијске, хидрогеохемијске и радиометријске методе. Испитивања концентрације природних радиоактивних елемената урана (U), торијума (Th) и радијума (Ra), изведена су у земљишту, алувијалном наносу, халдиштима, подземним и површинским водама и ваздуху.

Испитивања су обављена на потезу од насеља Мездреја преко насеља Балте Бериловац, Вртовац, Инова, затим уз Иновску реку до Срнећег дола, као и на потезу од Калне до Габровнице (слика 2). Узорковање земљишта вршено је у непосредној и широј зони бивших рудника методом репрезентативних узорака, са дубине до 30 *cm*. Радиометријски премер халдишта вршен је на тачкама по одговарајућој мрежи. Анализа алувијалног наноса вршена је у Габровничкој, Црновршкој и Иновској реци. Испитиван је и алувијон Трговишког Тимока на дужини од око 8 *km*, на потезу од ушћа Црновршке реке, до ушћа Габровничке реке (слика 2). Узорковање вода урађено је из сеоских бунара и водотокова у зони око бивших рудника, као и вода које истичу из подкопа затворених рудника. Мерење радона (Rn) из ваздуха,

(еманациона мерења), вршена су само у ужој зони затворених рудника. У једној серији, укупно је узето 40 узорака земљишта и алувијона, 8 узорака подземних вода, 17 узорака површинских вода и 16 узорака ваздуха.

Стање шумске вегетације на истраживаном подручју обрађено је на основу Опште и Посебних основа газдовања шумама за Тимочко шумско привредно подручје, као и расположиве литературе из ове области.

За дефинисање земљишних карактеристика на истраживаном подручју коришћени су подаци педолошке карте лист Пирот 1, размере 1:50 000.

2.1. Опште карактеристике подручја истраживања

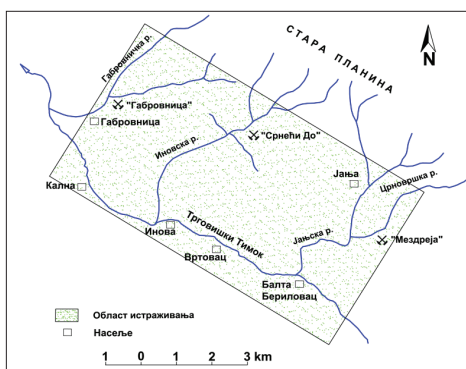
Рудно поље „Јања” захвата површину око 30 km^2 , на надморској висини која се креће од око 500 до 950 m н.м. (Ковачевић, 2005). Налази се на југозападним падинама Старе планине, у сливу Трговишког Тимока (слика 2). Углавном је обра-сло шумском вегетацијом, а преовлађујућа је заједница букових шума и засади багрема.

У широј зони рудног поља „Јања”, поред насеља Кална, већа насеља сеоског типа су Габровница, Инова, Вртовац, Јања, Балта Бериловац и Мездреја (слика 2), која су у процесу миграција, углавном, остала без становника или са малим бројем, претежно старачких домаћинстава.

2.1.1. Геолошка грађа истраживаног подручја

Истраживано подручје припада сливу Трговишког Тимока и захвата површину од око 30 km^2 . Изграђено је доминантно од гранита, подређено су заступљени амфиболити и амфиболитски шкриљци, гнајсеви, серпентинити, габроидне стене, алкално метасоматски измењене стене, као и мање масе дијабаза, сијени-та и кварц порфира. Гранитоиди су дали главну металоженетско обележје рудном пољу „Јање”. Главни акцесорни минерали су сфен, апатит, аланит, циркон и магнетит. Карактеристично је и велико присуство жичних стена: аплита, пегматита, као и кварцно-фелдспатских и лампрофирских жи-ца (Krstić *et al.*, 1976). Ободни део рудног поља изграђују метаморфиса-не стене (Ковачевић, 2005).

У тектонском погледу рудно поље „Јања” представља наб-орни облик откривен у језгру



Слика 2. Шематски приказ подручја истраживања

Figure 2. Schematic representation of the surveyed area

антиклиноријума Старе планине (Krstić *et al.*, 1974). Од времена коначне консолидације до данас овај гранитоид је, као последица интензивних тектонских кретања и касније хидротермалне активности, претрпео велике промене које се огледају у катаклазирању и делимичној промени примарног минералног састава. Интезитет оваквих промена најизраженији је у ободним деловима гранитоидног комплекса, близу контакта са амфиболским и габроидним стенама.

Цело рудно поље „Јања“ испресецано је низом раседа, различитог пружања и различитих димензија. На појединим деловима раседи прелазе у раседне зоне које су изграђене од здробљеног, бречизираног материјала или глиновите масе. Раседни системи су праћени великим бројем пукотина различитог генетског порекла. Управо у овим дисконтинуитетима који су запуњени распаднутим и здробљеним материјалом, обично се налази уранска минерализација (Krstić *et al.*, 1976). Најзначајније минерализоване зоне су у близини контакта са габроидним стенама.

С обзиром на то да је већина дисконтинуитета запуњена дробинским материјалом, а имајући у виду веома малу примарну порозност заступљених стениских маса, на истраживаном подручју остварује се веома скромна инфилтрација површинских вода (Nikić *et al.*, 2008). Због тога се на овом простору јавља релативно мали број сталних извора, мале издашности. Њихове воде генетски су углавном везане за издани формиране у пукотинским системима у матичним стенама и у релативно танком елувијалном и делувијално-пролувијалном материјалу.

2.1.2. Карактеристике педолошког покривача

На основу „Педолошке студије басена Тимока” и педолошке карте СФРЈ, лист Пирот 1, 1:50 000 (Antonović, 1972), утврђене су карактеристике земљишта на истраживаном подручју. У сливу Трговишког Тимока, према Antonoviću (1974), заступљени су следећи типови земљишта:

- терестрична земљишта: неразвијена земљишта; хумусно активна земљишта; камбична (кисела смеђа);
- хидроморфна земљишта (флувисоли);

Од наведених типова земљишта посебну пажњу завређују камбична (кисела смеђа) земљишта, која се по својој грађи, заступљености и типу вегетације, истичу као хидролошки најпогоднија. Ова земљишта представљена су дистричним камбисолима који се јављају на различитим подлогама (микашисту, филиту, гнајсу, граниту, пешчарима и андезиту) и представљају најзаступљенији тип земљишта овог сливног подручја (72,15%), као и на истраживаном подручју. Веома су варијабилна у погледу аерисаности и инфилтрације воде. Еутрични камбисол су смеђа земљишта на габру, чије учешће износи 14,86%. Тежег су механичког састава од претходних и са слабијим инфилтрационим и ретенционим карактеристикама. Калкокамбисол је смеђе кречњачко земљиште, добре структуре и инфилтрационих

карактеристика. Истраживано подручје затворених рудника заузима простор на коме су се развила ова земљишта и које је доминантно под буковим шумама.

2.1.3. Карактеристике вегетације

Садашње стање вегетације је последица радова на пошумљавању голети и заштити од ерозије у сливу Трговишког Тимока који су започети 1955. године. Обухватили су биолошке и техничке мере. Према С. Билибајкић (2011), 45,99% површине слива је под шумом, 49,87% су пољопривредне површине, 41,57% ливаде и пашњаци, 7,0% оранице, 1,3% воћњаци и виногради, путна мрежа и друге непродуктивне површине учествују са 4,13% од укупне површине слива.

У сливу углавном доминирају чисте и мешовите шуме букве, затим храста, јасена, граба, мечије леске, ређе културе црног бора и др. Букове шуме, простиру се у висинском појасу између 400-1.500 *m* н.м. На овом станишту буква се налази претежно у чистим састојинама, са незнатним учешћем горског јавора, планинског бреста, а у неким деловима јављају се мешовите заједнице са грабом и китњаком. На већим надморским висинама 1.000-1.200 *m* н.м., јављају се заједнице букве и јеле, а изнад те висине чисте састојине јеле. Испод 400 *m* н.м., у појасу речних долина јавља се шумска вегетација у уском приобалном појасу са врстама условљеним плавним водама (врбе, тополе, јове, јасена и др.). На истраживаном подручју описане су следеће фитоценозе: *Quercetum montanum s. l.*, *Fagetum moesiacaе montanum* и *Abieti-Fagetum moesiacaе*. Истраживано подручје рудог поља „Јања“ налази се на 500-970 *m* н.м., у зони најбољих букових шума, на кисело смеђим земљиштима чији се ретенционо акумулациони капацитет истиче као хидролошки значајан (L e t i ć *et al.*, 2003).

2.1.4. Хидролошке карактеристике слива

Веома разуђена хидрографска мрежа изразито асиметричног слива Трговишког Тимока дренира падине Старе планине, обезбеђујући сталан протицај овом водотоку. Велики је број притока, од којих десне притоке: Грабовничка, Иновска, Јањска и Црновршка река, дренирају подручје рудог поља „Јања“.

С обзиром на то да не постоје стална мерења протицаја воде на водотоцима који протичу кроз истраживано подручје, анализирали су за период 1961.-2000. године подаци РХМЗ Србије о протицајима на њиховом реципијенту, Трговишком Тимоку. Протицаји на Трговишком Тимоку се крећу у границама од 0,31 m^3s^{-1} ($Q_{min\ 95\%}$) до 245 m^3s^{-1} ($Q_{max\ 1,0\%}$), док је просечна вредност око $Q_{sr}=3,36\ ms^{-1}$. Карактеристика овог слива је специфични отицај знатно виши од просека Србије ($q=5,70\ Ls^{-1}km^{-2}$) и износи $q=10,10\ Ls^{-1}km^{-2}$. Ови подаци веома су значајни са аспекта приноса корисних вода. Са падавинама 800-1.000 *mm* (у зони централног гребена 1.100 *mm*), Стара планина има посебан значај као хидролошка целина, зато што је та количина падавина знатно већа него просек за друге делове Србије (L e t i ć, 2005).

3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

На истраживаном подручју, за поједине локалитете, минималне и максималне измерене вредности за U, Th, и еквивалент радијума (eRa), за узорке земљишта и алувијалног наноса приказане су у табели 1, за узорке материјала са халдишта, из рудничког окна и код постројења за млевење руде приказани су у табели 2, а за подземне и површинске воде приказане су у табели 3.

Табела 1. Минимални и максимални садржаји U, Th и eRa, у узорцима земљишта и алувијона са истраживаног подручја (Ковачевић, 1993)

Table 1. Minimum and maximum contents of U, Th and eRa, in the samples of soil and alluvial sediment from the surveyed area (Kovačević, 1993)

| Локалитет | Земљиште | | | Алувијон | | |
|--------------------|------------|-------------|--------------|------------|-------------|--------------|
| | U (ppm) | Th (ppm) | eRa (ppm) | U (ppm) | Th (ppm) | eRa (ppm) |
| Мездреја | 3,86-18,91 | 12,51-26,91 | 8,28-12,67 | 3,75-11,08 | 11,68-12,95 | 13,95- 5,06 |
| Срнећи До | ~5,11 | ~24,49 | ~10, 67 | 5,32-24,61 | 10,48-26,00 | 5,46-17,56 |
| Габровница | 3,84-3,96 | 11,26-12,56 | 8,31-16,93 | 4,16-16,63 | 11,84-18,57 | 3,41-37,12 |
| Алувијон Т. Тимока | 1,75-9,55 | 7,72-17,45 | 3,12-23,32 | 2,64-6,55 | 12,01-13,68 | 5,96-12,44 |

Вредности радиоактивних мерења на халдиштима (табела 2) су углавном у распону од 130 до 280 cps. Међутим, на халдишту Н-2 код рудника „Мездреја”, вредности радиоактивних мерења су у распону од 270 до 600 cps. На друга два халдишта овог рудника, вредности радиоактивних мерења су мања и износе до 280 cps.

Табела 2. Минимални и максимални садржаји U, Th и eRa, у узорцима из халдишта са различитих локација истраживаног подручја (Ковачевић, 1993)

Table 2. Minimum and maximum contents of U, Th and eRa, in the samples of disposal from different locations of the surveyed area (Kovačević, 1993)

| Локалитет | | U (ppm) | Th (ppm) | eRa (ppm) |
|------------|-------------------------|-------------|-------------|--------------|
| Мездреја | Код рударског постојења | ~171,19 | ~33,35 | ~176,81 |
| | Из окна рудника | ~187,22 | ~25,26 | ~384,70 |
| Габровница | Са халдишта | 29,85-36,25 | 15,91-34,90 | 57,74-83,61 |
| | Из окна рудника | ~12,44 | ~25,26 | ~8,91 |

У водама, највећа измерена вредност концентрације U је у оној која истиче из окна затвореног рудника „Мездреја” и „Габровница” (табела 3).

Табела 3. Распон вредности U, Ra и Rn у узорцима подземних и површинских вода са различитих локација истраживаног подручја (Kovačević, 1993 и допуњена)**Table 3.** The range of values of U, Ra and Rn in samples of groundwater and surface waters from different locations in the study area (Kovačević, 1993. and supplemented)

| Локалитет | | U ($\mu\text{g/L}$) | Ra (Bq/L) | Rn (Bq/L) | U* (1997) ($\mu\text{g/L}$) | U* (2008) ($\mu\text{g/L}$) |
|--|------------|--------------------------|--------------|--------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Вода из бивших рудника | Мездреја | 93,8 | 0,07 | 125,8 | 420 | 2750 |
| | Габровница | 27,2 | 4,42 | 46,44 | 50 | 220 |
| Црновршка река | | 0,3–2,2 | 0,07–0,08 | 14,8–29,6 | | |
| Иновска река | | ~9,7 | ~0,09 | ~14,91 | | |
| Габровничка река | | ~3,5 | ~0,63 | ~14,25 | | |
| Трговишки Тимок од Црновршке до Габровничке реке | | 0,3–2,5 | <0,005–0,07 | 7,45–7,86 | | |
| Трговишки Тимок низводно од ушћа Габровничке реке | | ~0,5 | ~0,08 | ~8,14 | | |

*Према: Milenić *et al.*, 2008.

За ваздух, еманациона мерења вршена су у зони сва три затворена рудника. Највеће вредности измереног Rn су на локалитету „Мездреја”, у зони халдишта Н-2 и износе око 20 *Emana*, док су на осталим локалитетима знатно мање. На локалитету Срнећи До максимална вредност од 16 *Emana* измерена је на самом халдишту и непосредно око њега. На локалитету Габровница, еманационо мерење је извршено непосредно испред окна бившег рудника, затим на халдишту и низводно од халдишта где се налазило флотационо језеро. Максимална вредност од 18 *Emana*, измерена је на халдишту, а на осталим локалитетима су мање (Kovačević, 1993).

4. ДИСКУСИЈА

У узорцима земљишта и алувијалног наноса (табела 1), регистрован је повећан садржај испитиваних елемената у односу на фонску вредност (1 *ppm*). У односу на природни фон, измерене вредности радиоактивних елемената у земљишту су мање, док су у речном наносу нешто повећане (табела 1). Вероватно да допринос оваквој ситуацији, поред рударских активности, има и геолошка грађа сливног подручја, посебно Иновске реке коју чини гранит са бројним минерализованим жицама. Еродовањем зона са минерализацијом, уран бива транспортован воденим током до места са повољним геохемијским условима за његово обарање у речном наносу.

За земљишта и алувијални нанос вредности радиоактивних елемената које су веће од природног фона измерене су углавном у узорцима који садрже знатну количину органске материје. Ово је директно последица геохемијске особине урана. Међутим, повећане вредности eRa у односу на U, указује на испирање U

из те средине (Kovačević, 2005). Вероватно део концентрације радиоактивних елемената у земљишту и алувијалном наносу потиче из стена које изграђују сливно подручје или из халдишта, али одређеним делом и из муља флотационог језера чија брана је намерно срушена после затварања рудника (Kovačević, 1993). Имајући у виду претходно, реално је да се вредности у земљишту и алувијалном наносу током времена смањују у односу на оне које су биле у периоду када су рудници били активни. У функцији времена, значајну улогу у смањивању концентрације радиоактивних елемената имају и природни процеси.

Имајући у виду да је на јаловиштима депонован гранит и метагабродиорит који је из рудничких јама, реално је да су измерене вредности у границама фонских вредности за ове врсте стена (табела 2). Међутим, на основу резултата мерења на халдишту Н-2 код рудника „Мездреја”, вероватно је било одлагања и сиромашне руде која није прерађивана у периоду експлоатације.

Радиометријски премер урађен за земљишта и алувијални нанос низводно од халдишта са обе долинске стране Габровничке реке до ушћа у Трговишки Тимок, показује вредности два до три пута мање од оних на халдишима и на местима непосредно око рударских постројења. Измерене вредности су у распону од 40 до 50 cps. Повећане вредности премера забележене су само у појединим деловима халдишта рудника „Габровница”. Ово упућује на две могућности: да је у време експлоатације вршено успешно одвајања руде од јаловине, или можда на ниски праг који се сматрао минималним економским садржајем корисне компоненте (Kovačević, 1993).

Према резултатима истраживања из 1992. године, воде из окна затвореног рудника „Мездреја” имају преко 6 пута, а из „Габровнице” око 2 пута већу концентрацију U, од дозвољене у води за пиће према правилнику светске здравствене организације (15 $\mu\text{g/L}$, WHO, 2008). Испод МДК, али повећане концентрације U у водама, регистроване су у бунарима насеља Иново. Овакво стање вероватно је последица ситуације да се узводно од насеља уз Иновску реку налази истражно окно „Срнећи До” (слика 2). За воде које директно истиче из зарушеног окна овог рудника, вредност eRa износи 45 Bq/L.

Измерене вредности указују да низводно од затворених рудника долази до значајног смањења концентрације радиоактивних елемената у водама. Ово је вероватно последица и релативно мале количине вода које у количини свега од 0,2 до 0,3 L/s истичу из зарушених рударских јама. Ови резултати упућују на закључак да рудничке воде у овој количини и радиоактивности, значајно не утичу на квалитет подземних и површинских вода на већем растојању низводно од затвореног рудника. Међутим, веома индикативан је за 1997. и 2008. годину приказан изражен пораст концентрације U у водама из затворених рудника „Мездреја” и „Габровница”, при чему није ближе тумачен разлог као ни утицај на окружење (Milenić *et al.*, 2008).

Еманациона мерења ваздуха вршена су на сва 3 локалитета у зони затворених рудника и њихових халдишта. Добијени резултати указују да у ваздуху нема значајније радиоактивности на истраживаном подручју.

5. ЗАКЉУЧАК

Геоколошка испитивања нивоа концентрација природних радиоактивних елемената изведена су у циљу утврђивања степена контаминације животне средине на ширем простору затворених рудника урана на Старој планини. Испитивањима је обухваћен непосредни и шири простор око бивших рудника урана „Мездреја”, „Срнећи До” и „Габровница”, где се налазе затворена рударска окна, халдишта, као и мањи рударски комплекси са постројењима за прераду руде. Приказани су резултати концентрисаности природних радиоактивних елемената U, Th и eRa, у земљишту, алувијалним наносима, материјалу са халдишта, подземним и површинским водама и ваздуху.

Највише концентрације радиоактивних елемената су непосредно око затворених рударских јама, халдишта и старих рударских постројења за млевење минералне сировине.

У узорцима земљишта и алувијалног наноса на свим истраживаним локалитетима регистрована је повећана концентрација урана у односу на природну фонску вредност. Утицај на овакаво стање сигурно да имају рударске активности у претходном времену. Међутим, на простору гранита „Јање” у којима су регистроване уранске минерализације, изворишни су делови водотока Габровнице, Иновске и Црновршке реке, које се уливају у Трговишки Тимок. Због тога, вероватно да је и пре рударских активности, као последица природног процеса који обједињује еродовање, транспорт и акумулирање, био повећан садржај урана у земљишту и наносу. Непознавање „нултог стања” пре отпочињања рударских активности, као и стања средине непосредно по затварању рудника, отежавају прецизно квантификовање утицаја рударских активности.

У подземним и површинским водама уран је изнад МДК регистрован само у оним водама које истичу из затворених рударских јама. У осталим подземним и површинским водама концентрације урана су испод МДК, према правилнику за воде за пиће светске здравствене организације (WHO, 2008). Грубо поређење резултата приказаних истраживања са публикованим резултатима каснијих истраживања, указују на негативне промене неких елемената животне средине, тј. вода из затворених рудника „Мездреја” и „Габровница”. Објашњење за повећање концентрације U води из затворених рудника и доношење закључка о њиховом утицају на вегетацију и животну средину уопште, захтева свеобухватна и сложена додатна истраживања. Ово је значајно јер са истраживаног подручја површине око 30 km^2 током године отиче у просеку $10,10 \text{ Ls}^{-1}\text{km}^{-2}$, односно $0,303 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

У ваздуху, нема значајније радиоактивности на истраживаном простору.

По затварању рудника урана, није у целини спроведено дефинисање параметара квалитета животне средине и планско санирање целог локалитета, односно, појединачно сваког рударског комплекса. Неопходно је извршити додатна еколошка истраживања, а затим спровести адекватну ремедијацију и санацију терена у кругу комплекса са постројењима и халдиштима ових бивших рудника.

Напомена: овај рад реализован је у оквиру пројекта „Одрживо газдовање укупним потенцијалима шума у Републици Србији”, евиденциони број: 37008, Министарства просвете и науке Републике Србије

ЛИТЕРАТУРА

- Antonović G. (1972): *Pedološka karta SFRJ, list Pirot 1, 1:50 000*. Institut za proučavanje zemljišta Topčider. Beograd
- Antonović G. (1974): *Zemljišta basena Timoka*. Institut za proučavanje zemljišta Beograd
- Bilibajkić S. (2011): *Uticaj izvedenih tehničkih i bioloških radova na intenzitet erozionih procesa u slivu Trgovišnog Timoka*. Doktorska disertacija. Šumarski fakultet. Beograd
- Kovačević J. (1993): *Izveštaj o geokološkim istraživanjima nivoa koncentracije prirodnih radioaktivnih elemenata u okolini bivših rudnika urana kod Kalne*. Geoinstitut. Beograd
- Kovačević J. (2005): *Metalogenija rejona Stare planine*. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet. Beograd
- Krstić B., Kalenić M., Rakić B., Rajčević D., Banković V. (1974): *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Belogradčik i Tumač*. Savezni geološki zavod. Beograd
- Krstić B., Kalenić M., Rakić B., Rajčević D., Banković V. (1976): *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Knjaževac i Tumač*. Savezni geološki zavod. Beograd
- Letić LJ., Ristić R., Mihajlović B. (2003): *Prinosi korisnih voda iz bukovih šuma Srbije*. Glasnik Šumarskog fakulteta. Beograd. Br. 88. (133-140)
- Letić LJ. (2005): *Vodni potencijal bukovih šuma Srbije, Bukva u Srbiji*. Monografija, DIT Srbije, Šumarski fakultet Beograd. (311-314)
- Milenić D., Dragišić V., Savić N., Vranješ A. (2008): *Environmental Impact of Uranium Mine Waters in Eastern Serbia*. 10th International-Mine-Water-Association Congress on Mine Water and the Environment. Proceedings: Mine Water and the Environment, Czech Republic, Karlovy Vary. (495-498)
- Nikić Z., Kovačević J., Papić P. (2008): *Uranium in the groundwater of Permo-Triassic aquifers of the Visok region, Stara Planina, eastern Serbia*. Water, Air and Soil Pollution, 192. (47-58)
- (2008): *Drinking – water quality*. WHO, 3rd edition. Volume 1. Recommendations. Geneva. (668)

Zoran Nikić
Ljubomir Letić
Jovan Kovačević
Vesna Nikolić

**STATE OF ELEMENTS OF THE ENVIRONMENT IN THE BROADER
AREA OF FORMER URANIUM MINES IN THE CATCHMENT OF THE
TRGOVISKI TIMOK**

Mine field "Janja" is located on the South-Western slopes of Stara Planina Mountain, east of the village of Kalna, in the zone of beech forests. Until 1966, uranium was exploited within this field from the "Mezdreja", "Gabrovnica" and "Srnci Do" mines. The terrain mostly consists of granite, whereas metamorphic rocks form its edge. From 1992 to 1993, a survey was conducted in order to define contamination of the broader terrain around the closed uranium mines. Soil, alluvial sediment, tailing dams, underground and surface waters, as well as air were examined with respect to the concentration of natural radioactive elements: uranium (U), thorium (Th) and radium (Ra). For the purpose of this, survey radiometric survey methods, emanation and hydro geochemical tests were used, which was followed by the collection of samples for laboratory testing. Having in mind that the exploitation of uranium may violate natural balance in the long run, concentrations of uranium, thorium and radium were analyzed in order to assess their impact on water, soil and air in the surveyed area. It was concluded that the highest concentrations of radioactive elements may be found in the vicinity of closed mining pits, tailing dams and old mining equipment for grinding of minerals. Higher uranium concentrations were registered in the samples of soil and alluvial sediment from all surveyed localities in comparison to the natural focus value. With respect to underground and surface waters, uranium above the maximum allowable concentration was registered only in the waters that flow from closed mining pits. In other underground and surface waters uranium concentration was below the limits, according to the guidelines for drinking water of the World Health Organization. A rough comparison of the results of this study with the published results of subsequent surveys shows negative changes of some elements of the environment, i.e. water from closed mines "Mezdreja" and "Gabrovnica". Comprehensive and complex additional surveys are needed in order to explain the increase in the concentration of uranium in the water from closed mines and to reach conclusions on their impact on the vegetation and the environment in general. There is no significant radioactivity in the studied area with respect to air. After the mines had been closed down, parameters defining the quality of the environment and the planned rehabilitation of the entire site, that is, each individual mining complex, were not fully implemented. Additional ecological investigations are needed, followed by the implementation of appropriate remediation and rehabilitation of the terrain within the complex of facilities and tailing dams of these former mines.