

și acumularea intensă a produselor lui de degradare, în special o,p'-DDD. Alternarea condițiilor anaerob-aerobe favorizează degradarea DDT, comparativ cu tratamentul anoxic.

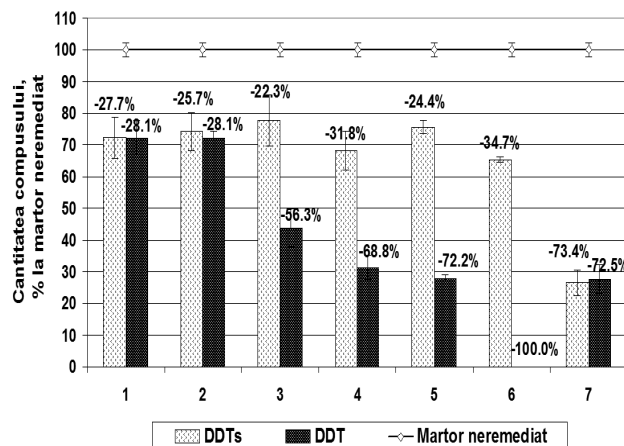


Figura 3. Cantitatea metabolizilor DDTs și DDT în sol după experimentul de bioremediere

Introducerea în sol a fosfaților și a peptonei în compartimentul anoxic/oxic asigură scindarea reductivă profundă a pesticidului DDT (până la 0.09 mg/kg sol), iar fitoremedierea ulterioară favorizează scindarea totală a acestui pesticid în varianta 6.

Astfel, în urma testării procedeele de bioremediere a solului contaminat cu trifluralină și compuși organoclorurați, a fost stabilit că metoda stimulării microflorei indigene cu fosfați și peptonă în condiții anaerobe sau anaerob-aerobe, urmată de fitoremediere în etapa finală, poate fi folosită ca principiu de bază în bioremedierea poluărilor complexe.

Bibliografie

1. Van Liedekerke M., Prokop G., Rabl-Berger S., Kibblewhite M., Louwagie G. *Progress in the Management of Contaminated Sites in Europe*. JRC Reference Reports. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014, 64 p.
2. *Starea mediului în Republica Moldova în 2007–2010* (Raport Național). Chișinău: Nova Imprim, 2011, 192 p.
3. Matsumoto E., Kawanaka Z., Zun S. *Bioremediation of the organochlorine pesticides, dieldrin and endrin, and their occurrence in the environment*. In: Appl. Microbiol. Biotechnol., 2009, vol. 84, p. 205-216.
4. Клисенко М.А., Александрова Л.Г. *Определение остаточных количеств пестицидов*. Кундиев Ю.И., ред. Киев: Здоров'я, 1983, 174 с.
5. Bento F.M., Camargo F.A.O., Okeke B., Frankenberger Jr. W.T. *Bioremediation of soil contaminated by diesel oil*. In: Brazilian Journal of Microbiology, 2003, vol. 34, nr. 1, p. 65-68.

MONITORINGUL RADIOECOLOGIC ÎN RELAȚIE CU SĂNĂTATEA PUBLICĂ

Liuba COREȚCHI, Ion BAHNAREL,
Ion URSULEAN, Elena COBAN, Irina PLAVAN,
Sergiu VÎRLAN, Alexandra COJOCARI,
Centrul Național de Sănătate Publică

Summary

The radioecology monitoring related with the public health

The investigations of natural radionuclide concentrations monitoring in the main components of the environment in Moldova, during 2011-2015 are presented in this paper. The results show that the concentrations of studied radionuclides did not exceed CMA stipulated in NFRP-2000, except specific effective activity in some samples of building materials and finishing.

Keywords: radio ecologic monitoring, radionuclide, health, risk, environment

Резюме

Радиоэкологический мониторинг в связи со здравоохранением

В статье представлены результаты радиоэкологического мониторинга концентраций естественных радионуклидов в основных компонентах окружающей среды в Молдове в 2011–2015 годах. Результаты показывают, что концентрация изученных радионуклидов не превышала ПДК предусмотренных в NFRP-2000, за исключением специфической эффективной активности в некоторых образцах строительных материалов и отделки.

Ключевые слова: радиоэкологический контроль, радионуклиды, здоровье, риск, окружающая среда

Introducere

Expunerea la radiații a populației din întreaga lume se datorează în cea mai mare parte radioactivității naturale (iradierea externă de origine telurică și cosmică, ingestia de alimente și apă, radon). Este necesar să se estimeze eficient expunerea populației, pentru a putea studia legătura dintre indicatorii de sănătate. Distribuția expunerilor trebuie să fie de asemenea studiată la diferite niveluri geografice (regiune, zonă de ocupare a forței de muncă). Se cere o actualizare a estimării expunerii populației Republicii Moldova la radioactivitatea naturală. Estimarea indicatorilor expunerii la radiațiile *gamma* de origine telurică, bazate pe dozele măsurate, trebuie ajustată la tipul de habitat (cu variația respectivă exprimată în nSv/h). Expunerea la radiația cosmică este evaluată

de la altitudine și ponderată la densitatea populației, astfel doza anuală efectivă derivă din aceste trei componente [1, 2].

Studii de valoare privind expunerea populației la sursele naturale sunt efectuate în toate țările de pe glob prin implementarea proiectelor susținute de Agenția Internațională pentru Energie Atomică. Astfel, studiul realizat în Complexul Fen (Norvegia), care este o zonă bogată în radionuclее naturale, în special, în toriu (^{232}Th), a demonstrat că în locurile miniere (TENORM) și în cele neperturbate și împădurite (NORM), toate cu acces public, concentrațiile de activitate în sol ale ^{232}Th (3,280–8,395 Bq/kg) au fost semnificativ mai mari decât valorile internaționale și cele medii norvegiene. Aceste cifre au depășit nivelul de screening norvegian (1000 Bq/kg) al deșeurilor radioactive, în timp ce radiul (^{226}Ra) a fost prezent la niveluri ușor crescute – 89–171 Bq/kg. Debitul dozei radiației *gamma* terestră a fost ridicat, variind în limitele 2,6–4,4 $\mu\text{Gy/h}$. Prin analizări corelaționale a fost depistată o relație liniară între nivelurile de radiații din aer și abundența ^{232}Th în sol. În baza tuturor rezultatelor obținute ca urmare a măsurărilor efectuate, această zonă norvegiană a fost considerată ca zonă cu concentrații sporite ale radiațiilor ionizante naturale (ENRA) [3].

Activitatea concentrațiilor ^{232}Th , ^{226}Ra și ^{40}K într-o serie largă de mostre comerciale de granit din Brazilia, măsurate prin spectrometrie *gamma*, a constituit respectiv 4,5–450, 4,9–160 și 190–2029 Bq/kg. Valorile maxime ale debitului extern de doză al radiațiilor *gamma* de la pardoseala și pereții acoperiți cu granit, într-o locație tipică cu suprafața de 5,0 m \times 4,0 m și înălțimea de 2,8 m, au constituit 120 nGy/h, ceea ce este comparabil cu expunerea medie la nivel mondial la radiații ionizante terestre externe de 80 nGy/h, datorate surselor naturale, care au fost propuse de Comitetul Științific al Națiunilor Unite [4]. Radonul și produșii săi de dezintegrare în atmosferă sunt contributorii cei mai importanți în expunerea omului la sursele naturale de radiații ionizante [5].

În una dintre zonele cu risc sporit de expunere la radiații naturale, orașul Ramsar (Iran), a cărei radioactivitate naturală se datorează seriei naturale a ^{238}U și a produselor sale de dezintegrare, în special ^{226}Ra și ^{220}Rn , aduse la suprafață cu apa izvoarelor termale, rezervele de apă prezentau o concentrație de ^{222}Rn cu 10 kBq/m³ mai mare decât nivelul de referință, confirmând cota-parte majorată a radonului la doza medie anuală de radiații a publicului, în baza consumului de apă (ingerare) [6]. Produșii de dezintegrare ai radonului inhalați se depozitează pe aria relativ mică a suprafețelor căilor respiratorii, generând cancerul bronhopulmonar [7].

Riscul de dezvoltare a cancerului în rezultatul expunerii la radiații ionizante de fond pentru locuitorii din regiunea Adapazari (Turcia) constituie $0,9 \times 10^{-2}$, cu durata medie de viață de 70 de ani [8].

Ca și în întreaga lume, în Republica Moldova există două surse principale de expunere a populației la radiații ionizante: radiațiile utilizate în scopuri medicale și radiațiile naturale, la care se adaugă cele industriale. Totodată, radiațiile ionizante naturale au cea mai mare pondere [1, 2].

Măsurările concentrației de ^{222}Rn pe teritoriul Moldovei, la exalarea acestuia din sol și în aerul de interior, efectuate de Centrul Național de Sănătate Publică (CR, LIRR), au contribuit la identificarea zonelor cu potențial ridicat de ^{222}Rn , în special la exalarea acestuia din sol, definirea procentajului de habitate cu o concentrație mai sus de normă [11] și evidențierea factorilor ce influențează concentrațiile de ^{222}Rn .

Populația generală primește circa 50% din doza de expunere a sa la radiații naturale prin intermediul particulelor *alfa* (α) ale ^{222}Rn și al descendenților săi de dezintegrare [12]. Radonul a fost identificat ca fiind a doua cauză de dezvoltare a cancerului bronhopulmonar, după consumul de tutun [13].

Scopul lucrării a constat în monitorizarea concentrațiilor de radionuclее naturale în principalele componente ale mediului ambiant: produse alimentare, materiale de construcție, plante medicinale, apă potabilă, probe biologice și sol necultivat.

Material și metode

Baza legislativă de reglementare radiologică și de securitate nucleară în Republica Moldova este asigurată, în primul rând, prin Legea nr. 132, 08.06.2012 *Desfășurarea în siguranță a activităților nucleare și radiologice*, precum și prin Hotărârea Guvernului *Norme fundamentale privind protecția împotriva radiațiilor. Cerințe și reguli igienice*, care cuprind reglementările stipulate în BSS-115 și modificate la cerințele țării noastre.

Concentrația de radionuclее în mostrele produselor alimentare, plante medicinale, apă potabilă, sol și materiale de construcție, prelevate în perioada 2011–2015 în Moldova, a fost studiată utilizând metode spectrometrice, radiometrice și dozimetrice. Eșantioane din sursele menționate au fost prelevate în principalele zone geografice ale Moldovei. Analiza statistică a rezultatelor a fost efectuată în baza programelor computerizate *Excel* și *Statistica 7*.

Rezultate și discuții

În Republica Moldova, periodic are loc o actualizare a estimării expunerii populației la radio-

activitatea naturală. Investigațiile spectrometrice, radiometrice și dozimetrice recente au demonstrat că valorile concentrațiilor radionucleelor naturale principale (¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr) și ale activității sumare beta a componentelor mediului, incluse în studiu, nu au depășit CMA stipulate în NFRP-2000, cu excepția activității specifice efective (A_{ef}) în unele mostre de materiale de construcție și finisare, care a variat în intervalul 404,6–641,1 Bq/kg. În normele naționale de radioprotecție este stipulat că indicatorul în cauză nu trebuie să depășească 300 Bq/kg (vezi tabelul).

Totodată, prin analiza spectrometrică a concentrațiilor radionucleului ¹³⁷Cs în produse alimentare, materiale de construcție, plante medicinale, apă potabilă, probe biologice și sol necultivat s-a demonstrat că valorile maxime ale acestora în perioada 2011–2015 au fost cuprinse, respectiv, în intervalele: 6,5...93,2 Bq/kg; 0,5...88,2 Bq/kg; 47,2...160,4 Bq/kg; 1,5...3,2 Bq/l, 1,5...12,3 Bq/kg și 24,2...29,58 Bq/kg. Normele naționale de radioprotecție pentru indicatorii nominalizați prevăd: 360 Bq/kg, 300 Bq/kg, 160 Bq/kg, 8,0 Bq/l, 160 Bq/kg și 160 Bq/kg respectiv.

Activitatea radionucleelor în diverse probe prelevate pe teritoriul Republicii Moldova în perioada 2011–2015

Activitatea radionucleului, Bq/kg, Bq/l	2011		2012		2013		2014		2015		Norme admisibile, Bq / k g , Bq/l
	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	
Produse alimentare											
¹³⁷ Cs	6,5	1,5	20,1	<1,5	93,2	<1,5	26,7	<1,5	9,53	<1,5	360
⁹⁰ Sr	5,1	0,7	4,02	<0,7	18,6	<0,7	3,3	<0,7	32,3	<0,7	200
Materiale de construcție											
¹³⁷ Cs	88,2	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	A _{ef} < 300
⁹⁰ Sr	6,3	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	
²²⁶ Ra	226	1,85	137,3	-	382	8	882	8	424	8	
²³² Th	232	7	78,4	-	160,2	7	403,3	7	123,6	7	
⁴⁰ K	948	20	1659	-	1089	20	1118	20	1979	20	
A _{ef}			272	20	404,6	<20	641,1	<20	458,2	<20	
Plante medicinale											
¹³⁷ Cs	101,6	1,5	63,4	<1,5	160,4	<1,5	57	<1,5	47,2	<1,5	160
⁹⁰ Sr	55,0	0,7	6,34	<0,7	32,4	<0,7	40	<0,7	18,0	<0,7	100
Apă potabilă											
¹³⁷ Cs	1,5	0	2,19	<1,5	3,2	<1,5	2,14	<1,5	2,0	<1,5	8,0
⁹⁰ Sr	0,7	0	0,7	<0,7	1,18	<0,7	0,7	<0,7	0,7	<0,7	8,0
Probe biologice											
¹³⁷ Cs	12,3	1,5	2,1	<1,5	-	-	-	-	1,5	<1,5	160
⁹⁰ Sr	0,7	0,7	0,7	<0,7	-	-	-	-	0,6	<0,7	100
Sol necultivat											
¹³⁷ Cs	-	-	-	-	24,2	10,08	29,58	10,08	-	-	160
⁹⁰ Sr	-	-	-	-	4,7	2,1	22,3	2,1	-	-	100

Pentru ⁹⁰Sr, valorile concentrațiilor au constituit: 3,3...32,3 Bq/kg; 0,7...6,3 Bq/kg; 6,34...55,0 Bq/kg; 1,5...3,2 Bq/l; 0,7...1,18 Bq/kg și 0,6...0,7 Bq/kg, iar normele naționale de radioprotecție pentru

indicatorii nominalizați prevăd respectiv: 200 Bq/kg; 300 Bq/kg; 100 Bq/kg; 8 Bq/l; 100 Bq/kg și 100 Bq/kg (figura 1).

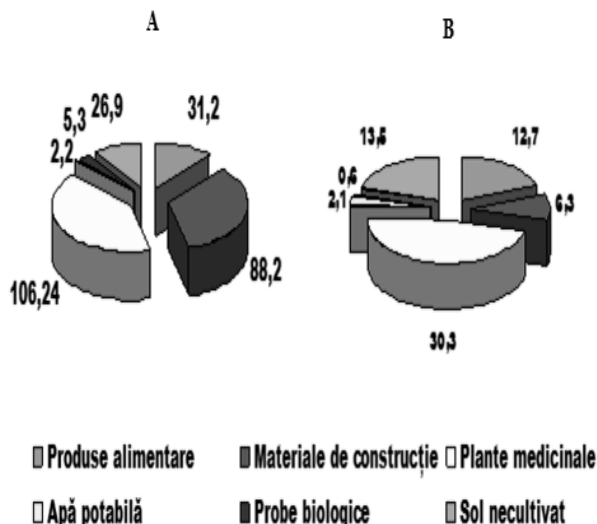


Figura 1. Activitatea radionucleelor ¹³⁷Cs (A) și ⁹⁰Sr (B) în diverse probe prelevate pe teritoriul R. Moldova în anii 2011–2015

S-a stabilit că variația radioactivității fondului gama, înregistrată în anii 2011–2015 de Serviciul Meteorologic de Stat al Republicii Moldova și specialiștii CNSP, a constituit 13,075–17,991 μR/h, ceea ce nu depășește prevederile normelor naționale, stipulate în alineatul 7.93 din NFRP-2000, conform căruia debitul dozei efective ambientale al iradierii gama la loc deschis nu trebuie să depășească cifra de 250 nSv/h (25,0 μR/h sau 0,25 μSv/h) (figura 2).

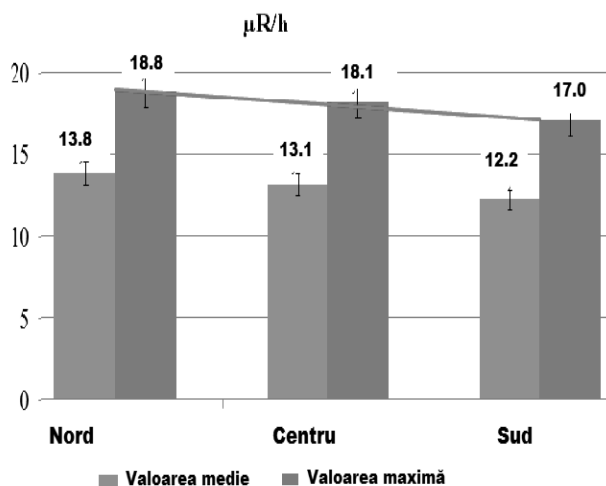


Figura 2. Debitul dozei ambientale a radiației gama (μR/h) pe teritoriul R. Moldova, anii 2011–2015

Concluzii

Efectuarea monitoringului radioecologic al concentrațiilor radionucleelor naturale în principalele componente ale mediului ambiant pe teritoriul Republicii Moldova, în perioada 2011–2015, denotă

că valorile concentrațiilor radionucleelor studiate nu au depășit CMA stipulate în NFRP-2000. Totodată, s-a demonstrat că activitatea efectivă specifică în unele mostre de materiale de construcție și finisare a depășit normale admisibile (<300 Bq/kg), aceasta constituind 404,6–641,1 Bq/kg.

Rezultatele studiului demonstrează necesitatea implementării măsurilor de supraveghere și măsurilor de prevenție, prin monitorizarea continuă a surselor naturale și tehnogene de radiații ionizante, în vederea reducerii/eliminării impactului radiațiilor ionizante asupra sănătății populației și angajaților din Republica Moldova.

Notă. Studiul a fost realizat în cadrul Proiectului național instituțional 15.817.04.05A, susținut de Guvernul Republicii Moldova prin Academia de Științe a Moldovei.

Bibliografie

1. Bahnarel I. ș.a. *Monitoringul concentrațiilor de radon (^{222}Rn) pe teritoriul Republicii Moldova*. În: Sănătate Publică, Economie și Management în Medicină, 2012, nr. 4 (43), p. 165-166.
2. Bahnarel I., Corețchi L. *Contribuții la monitorizarea radioactivității mediului*. În: ACADEMOS, 2011, nr. 1(20), p. 77-81.
3. Mrdakovic Popic J. et. al. *Outdoor ^{220}Rn , ^{222}Rn and terrestrial gamma radiation levels: investigation study in the thorium rich Fen Complex, Norway*. În: Journal of Environmental Monitoring, 2012, vol. 14(1), p. 193-201.
4. Anjos R.M., et. al. *External gamma-ray dose rate and radon concentration in indoor environments covered with Brazilian granites*. În: Journal of Environmental Radioactivity, 2011, vol. 102(11), p. 1055-1061.
5. Olszewski J., Skubalski J. *Radon concentrations in selected residential buildings in the city of Łódź*. În: Med. Pr., 2011, vol. 62(1), p. 31-36.
6. Mowlavi A.A., Shahbahrami A., Binesh A. *Dose evaluation and measurement of radon concentration in some drinking water sources of the Ramsar region in Iran*. În: Isotopes in Environmental and Health Studies, 2009, vol. 45(3), p. 269-272.
7. Harley N.H., Robbins E.S. *Radon and leukemia in the Danish study: another source of dose*. În: Health Phys., 2009, vol. 97(4), p. 343-347.
8. Kapdan E. et. al. *Determination of the health hazards due to background radiation sources in the city of Adapazari, Northwestern Turkey*. În: Isotopes Environ Health Stud, 2011, vol. 47(1), p. 93-100.
9. Vîrlan S. et al. *Assessment of Radon concentration in the Republic of Moldova*. În: Materialele Conferinței Naționale a Societății Române de Radioprotecție „Individual monitoring and environmental dosimetry – as important components of the radiation protection culture”. 13 noiembrie 2013, p. 59.
10. Ursulean I., Corețchi L., Chiruță I., Vîrlan S. *Estimation of indoor radon concentrations in the air of residential houses and mines in the Republic of Moldova*. În: Romanian Journal of Physics, 2013, vol. 58, suppl., p. 291-297 (IF 0.34).
11. Ursulean I. ș.a. *Regulament și norme igienice privind reglementarea expunerii la radiații a populației de la sursele naturale*, nr. 06-5.3.35 din 05.03.2001. În: Monitorul Oficial al Republicii Moldova, nr. 92-93/239 din 03.08.2001.
12. Todorovic N. et al. *Effects of alpha particle radiation on gene expression in human pulmonary epithelial cells*. În: International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2012, vol. 215(5), p. 522-535.
13. Corețchi L. ș.a. *Efectele medico-biologice ale expunerii la radon*. În: Sănătate Publică, Economie și Management în Medicină, 2011, nr. 2, p. 24-27.