

**MINISTERUL SĂNĂTĂȚII, MUNCII ȘI PROTECȚIEI SOCIALE AL
REPUBLICII MOLDOVA
AGENȚIA NAȚIONALĂ PENTRU SĂNĂTATE PUBLICĂ**

Cu titlu de manuscris
C.Z.U: 614.8.086.5(075.8)

VÎRLAN SERGHEI

**ESTIMAREA RISCULUI DE EXPUNERE A POPULAȚIEI
REPUBLICII MOLDOVA LA SURSELE NATURALE DE
RADIATII IONIZANTE**

331.02 – IGIENĂ

Autoreferatul tezei de doctor în științe medicale

CHIȘINĂU, 2018

Teza a fost elaborată în Laboratorul științific igiena radiațiilor și radiobiologie al Agenției Naționale pentru Sănătate Publică a Ministerului Sănătății, Muncii și Protecției Sociale al Republicii Moldova.

Conducător științific:

BAHNAREL Ion, doctor habilitat în științe medicale, profesor universitar, Laureat al Premiului Național, Om Emerit, Agenția Națională pentru Sănătate Publică.

Consultant științific:

COREȚCHI Liuba, doctor habilitat în științe biologice, conferențiar cercetător, Laureat al Premiului Național, Agenția Națională pentru Sănătate Publică.

Referenți oficiali:

FRIPTULEAC Grigore, doctor habilitat în științe medicale, profesor universitar, IP USMF "Nicolae Testemițanu".

STEGĂRESCU Vasile, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Institutul de Ecologie și Geografie al AȘM.

Consiliul științific specializat a fost aprobat de către Consiliul de conducere al ANACEC prin decizia nr 7 din 11.05.2018 în următoarea componență:

OPOPOL Nicolae – doctor habilitat în științe medicale, profesor universitar, membru corespondent al AȘM, IP USMF "Nicolae Testemițanu" (**Președinte**).

VOLNEANSCHI Ana – doctor în științe medicale, conferențiar cercetător, Agenția Națională pentru Sănătate Publică (**Secretar**).

OSTROFET Gheorghe – doctor habilitat în științe medicale, profesor universitar, IP USMF "Nicolae Testemițanu" (**Membru**).

PÎNZARU Iurie – doctor în științe medicale, conferențiar universitar, IP USMF "Nicolae Testemițanu" (**Membru**).

TAFUNI Ovidiu – doctor în științe medicale, conferențiar universitar, IP USMF "Nicolae Testemițanu" (**Membru**).

CEBANU Serghei – doctor în științe medicale, conferențiar universitar, IP USMF "Nicolae Testemițanu" (**Membru**).

MOROȘANU Raisa – doctor habilitat în științe medicale, profesor universitar, IP USMF "Nicolae Testemițanu" (**Membru**).

Susținerea va avea loc la „19” iulie 2018 ora 14:00 în ședința Consiliului științific specializat D 55.331.02-04, din cadrul Agenției Naționale pentru Sănătate Publică (2028, str.Gh.Asachi, 67-A, mun. Chișinău).

Teza de doctor în științe medicale și autoreferatul pot fi consultate la Biblioteca Agenției Naționale pentru Sănătate Publică și la pagina web a CNAA (www.cnaa.md).

Autoreferatul a fost expediat la „15” iunie 2018.

Secretar științific al Consiliului științific specializat,

VOLNEANSCHI Ana, doctor în științe medicale, conferențiar cercetător

Conducător științific,

BAHNAREL Ion, doctor habilitat în științe medicale, profesor universitar, Laureat al Premiului Național, Om Emerit, Agenția Națională pentru Sănătate Publică.

Consultant științific,

COREȚCHI Liuba, doctor habilitat în științe biologice, conferențiar cercetător, Laureat al Premiului Național, Agenția Națională pentru Sănătate Publică.

Autor

VÎRLAN Serghei

© Vîrlan Serghei, 2018

REPERE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

Actualitatea temei. Cercetarea expunerii populației Republicii Moldova la sursele naturale de radiații ionizante, inclusiv la Radon (^{222}Rn), la fel ca și în întreaga lume, rezumă din existența problemei de sănătate publică și anume creșterea în dinamică a incidenței maladiilor oncologice, inclusiv a cancerului bronhopulmonar. Radioactivitatea naturală este constituită din radionuclizii prezenți în mediul ambiant: aer, sol, apă, vegetație, organisme animale, inclusiv cele umane, din cele mai vechi timpuri, încă de la formarea planetei Pământ. Doza primită de populația țării din surse naturale se datorează atât radionuclizilor din organism, cât și celor aflați în mediul ambiant. Radioactivitatea mediului, ca regulă, este reprezentată de radiația cosmică, componența unor gaze radioactive, cum ar fi Radonul, Thoronul ș. a., exalate din scoarța terestră și radiația provenită de la radionuclizii artificiali (igienic semnificativi) – ^{137}Cs , ^{90}Sr ș.a., ca urmare a testărilor armamentelor nucleare și a accidentelor nucleare de la centralele atomo-electrice [1-3].

Descrierea situației în domeniul și identificarea problemelor de cercetare. Problema expunerii populației la toate sursele naturale de radiații ionizante, inclusiv la Radon ca sursă principală, ca și la mulți alți factori de risc pentru sănătate, este prioritară și necesită monitorizare permanentă. Astfel, rămâne actuală atât cunoașterea surselor din mediul ambiant, concentrațiile radionuclizilor naturali și ale ^{222}Rn în componentele mediului, cât și cartografierea teritoriului Republicii Moldova cu identificarea zonelor cu concentrații sporite.

În ansamblu, studiul are o semnificație deosebită în condițiile morbidității relativ înalte prin cancer bronhopulmonar în Republica Moldova și se încadrează în strategiile de evaluare a riscurilor, tactica și sarcinile prevăzute de strategia Națională de Sănătate Publică.

Scopul lucrării: estimarea igienică a nivelului iradierii populației Republicii Moldova de la sursele naturale de radiații ionizante și elaborarea măsurilor profilactice.

Obiectivele lucrării:

1. Cuantificarea concentrațiilor radionuclizilor naturali și tehnogeni în principalele componente ale mediului ambiant.
2. Determinarea concentrației ^{222}Rn în componentele mediului ambiant (sol, aer, apă și materiale de construcție) și în aerul interior al diferitor tipuri de locuințe în arii rurale și urbane ale Republicii Moldova.
3. Estimarea riscului mediu anual, asociat iradierii populației Republicii Moldova de la sursele naturale (calcularea dozelor colective și a nivelului de iradiere a populației) și evaluarea morbidității prin cancer bronhopulmonar, asociată iradierii naturale.
4. Elaborarea măsurilor complexe de radioprotecție a expunerii populației Republicii Moldova la sursele naturale și elaborarea unui algoritm de monitorizare a iradierii populației de la sursele naturale.

Metodologia cercetării științifice. Studiul s-a axat pe elucidarea nivelului de expunere a populației Republicii Moldova la sursele de radiații ionizante naturale cu cuantificarea concentrațiilor radionuclizilor naturali și tehnogeni, inclusiv radonul în principalele componente ale mediului ambiant și a riscului (EDE) pentru sănătatea

publică [4, 5]. Lucrarea a fost realizată cu utilizarea metodelor standard care constituie baza metodologică a radioprotecției și igienei radiațiilor. S-a utilizat metoda spectrometrică de determinare a concentrațiilor radionuclizilor naturali/teh-nogeni; metoda radiometrică de cuantificare a activității radonului prin utilizarea radonometrului RTM 1688-2; tehnici de investigare instrumentală a fondului gama terestru și a radiației cosmice.

S-au aplicat metode epidemiologice de analizare a datelor statistice oficiale privind incidența morbidității prin tumori maligne, inclusiv cancerul bronhopulmonar pe teritoriul Republicii Moldova, cât și metode statistice: programe computerizate STATISTICA 7 și Excel pentru calcularea riscului expunerii populației la surse naturale de radiații ionizante.

Noutatea și originalitatea științifică. În premieră a fost efectuată o evaluare complexă a riscului asociat iradierii ionizante de la toate sursele naturale de radiații ionizante în urma estimării cu metode contemporane a nivelului de iradiere a populației Republicii Moldova din zonele de Nord, Centru și Sud, îndeosebi în zonele cu concentrații sporite, care depășesc normele stipulate în actele normative. La finalizarea studiului am argumentat necesitatea elaborării unui nou act normativ național de protecție radiologică a expunerii populației la sursele naturale, cât și elaborarea recomandărilor practice, ce se impun. Am venit cu noi date privind concentrația radonului în diverși factori de mediu: apă, aer, sol, inclusiv efectuarea cartografierii preliminare a teritoriului Republicii Moldova prin indicarea regiunilor cu risc sporit.

Problema științifică soluționată. Au fost identificate și prioritizate principalele surse naturale de iradiere a populației Republicii Moldova. În baza utilizării metodelor contemporane au fost cuantificate concentrațiile de radon în componentele mediului ambiant: sol, aer, apă și materiale de construcție. A fost calculat și estimat riscul expunerii populației la radiații ionizante: evaluarea dozelor colective și a nivelului de iradiere a populației de la toate sursele naturale. Totodată, a fost evidențiată structura morbidității prin cancer bronhopulmonar în rândul morbidității generale prin cancere a populației. Au fost elaborate măsuri complexe de radioprotecție a expunerii populației Republicii Moldova la sursele naturale de radiații ionizante.

Semnificația teoretică. Studiul a identificat riscul pentru sănătate cauzat de radiațiile ionizante naturale. Cercetările efectuate au permis evidențierea atât a concentrațiilor sporite de radon în aerul interior, cât și a concentrațiilor radionuclizilor naturali prezenți în materialele de construcție și a fondului *gama* extern.

Valoarea aplicativă a lucrării. Rezultatele obținute pot servi ca suport în activitatea pedagogică pentru studenți, rezidenți și doctoranzi, vor permite monitorizarea periodică a surselor naturale de ^{222}Rn și evaluarea riscului radiologic pentru populația expusă, vor sta la baza elaborării noului act normativ național de protecție radiologică a expunerii populației la sursele naturale, cât și a recomandărilor metodice cu privire la organizarea supravegherii la etapa repartizării loturilor pentru construcție și măsurilor profilactice pentru locatari. Valorificarea rezultatelor în practica supravegherii sănătății publice prin elaborarea unui program intersectorial de monitorizare a surselor naturale de radiații ionizante, inclusiv a radonului, va contribui la diminuarea morbidității prin cancer bronhopulmonar.

Principalele rezultate științifice înaintate spre susținere.

1. Nivelul morbidității populației prin cancer bronhopulmonar din zonele cu risc sporit (subsol, demisol, parter) de expunere la sursele naturale de radiații ionizante este semnificativ mai înalt în comparație cu populația generală.
2. Particularitățile epidemiologice ale expunerii la concentrații înalte de radon evidențiate la populația din zonele cu risc sporit de expunere diferă în dependență de vârstă, mediu de trai, zonă geografică, comportament.
3. Impactul social al expunerii la toate sursele naturale de radiații ionizante, calculat în baza dozelor colective este unul major, și de o importanță semnificativă pentru sănătatea publică. Expunerea populației la toate sursele naturale existente necesită intervenții atât din partea statului, organelor publice, cât și din partea SSSSP și individului.
4. Stabilirea algoritmului monitorizării surselor naturale de radiații ionizante, inclusiv radonul.

Implementarea rezultatelor științifice. Rezultatele științifice au fost utilizate în elaborarea și implementarea metodologiei monitorizării surselor de Radon în CSP teritoriale, CNSP și IP USMF “N. Testemițanu” (Hotărârea medicului-șef sanitar de Stat al Republicii Moldova nr. 4 din 01.12.2014; certificat de autor nr 5478 din 07.10.2016). Argumentarea și necesitatea efectuării cartografierii concentrațiilor radionuclizilor naturali și tehnogeni și a maladiilor oncologice a fost propusă pentru Ministerul Agriculturii, Dezvoltării Regionale și Mediului, Ministerul Sănătății, Muncii și Protecției Sociale și Agenția Națională de Reglementare a Activităților Nucleare și Radiologice.

Aprobarea rezultatelor științifice.

Rezultatele cercetărilor științifice au fost comunicate și discutate la foruri științifice de specialitate de nivel național și internațional: International Conference of Young Researchers, Chișinău Moldova, 23 noiembrie, 2012; First East European Radon Symposium - FERAS 2012, Cluj-Napoca, Romania, 2012; The 6th Annual International Conference on Sustainable Development Through Nuclear Research and Education, Pitești, România, Institute for Nuclear Research, 2013; Conferința Națională a Societății Române de Radioprotecție, București, 13 noiembrie, 2013; Conferința Națională a Societății Române de Radioprotecție. Actualități în radioprotecție: Directiva Consiliului Euratom 2013, București, 2014; 4th European IRPA Congress, Geneva, Switzerland 2014; Regional Training Workshop on Developing and Implementing National Programmes for Control of Public Exposure to Radon, Sofia, Bulgaria 2014; Congresul IV Național de Oncologie, 8-9 octombrie, 2015, Chișinău; Fourth International Conference On Radiation And Applications In Various Fields Of Research, RAD 2016, 23-27 May, Serbia, Nis; Fifth International Conference On Radiation And Applications In Various Fields Of Research, RAD 2017, 12-16 June, 2017, Budva, Montenegro.

Lucrarea a fost discutată și recomandată pentru susținere publică la ședințele: Laboratorului Științific Igiena Radiațiilor și Radiobiologie în comun cu Centru de Radioprotecție al Centrului Național de Sănătate Publică (Proces verbal nr. 44 din 12 aprilie 2017); Consiliul Științific al Centrului Național de Sănătate Publică (Proces verbal nr. 7 din 19 septembrie 2017); Seminarului Științific de profil 321. Medicină

generală, 331. Sănătate Publică (specialitatea Igienă 331.02) din cadrul Centrului Național de Sănătate Publică (Proces verbal nr. 3 din 30 iunie 2017).

Publicații la tema tezei. Rezultatele cercetărilor au fost publicate în 29 lucrări științifice, inclusiv 3 de sine stătător, 1 articol în revistă cu impact factor, 3 articole de sinteză, 10 articole în reviste științifice recenzate, 2 ghiduri.

Volumul și structura tezei: Introducere, 4 capitole, bibliografie din 187 titluri, 118 pagini text de bază cu 15 tabele, 47 figuri și 9 anexe.

Cuvintele cheie: radionuclizi naturali și tehnogeni, Radon, Thoron, evaluarea riscului pentru sănătate, monitoringul radioecologic, cancerul bronhopulmonar.

CONȚINUTUL TEZEI

1. CERCETĂRI CONTEMPORANE CU PRIVIRE LA EXPUNEREA POPULAȚIEI LA SURSELE NATURALE DE RADIAȚII IONIZANTE

În acest capitol sunt reflectate principalele repere existente în domeniul de cercetare la nivel național, european și mondial. Astfel, este prezentată o analiză amplă a datelor din literatură pe ultimii 10 ani, vizînd tipurile de radiații ionizante. Este bine definit și argumentat scopul și obiectivele tezei prin analiza profundă a literaturii de referință. În concluzii sunt nominalizate premisele care au stat la baza inițierii acestui studiu.

Un rol aparte constituie descrierea radioactivității și radionuclizilor naturali; proprietățile fizico-chimice ale radonului și principalilor radionuclizi naturali din componentele mediului ambiant; caracteristica Radonului și răspîndirea lui în natură; riscurile expunerii populației la radiații ionizante, inclusiv la Radon cu declanșarea diferitor tipuri de cancer; măsurile de diminuare a concentrațiilor mari de Radon în încăperi.

Astfel, în contextul celor expuse mai sus și anume a nivelelor înalte ale incidenței și prevalenței cancerului bronhopulmonar, interes deosebit reprezintă regiunile cu risc sporit de expunere la surse naturale de radiații ionizante, îndeosebi la Radon.

2. MATERIALELE ȘI METODELE DE CERCETARE

Investigațiile efectuate în scopul estimării riscului de expunere a populației Republicii Moldova de la sursele naturale de radiații ionizante, au fost realizate pe parcursul anilor 2011 – 2015 în laboratorul științific igiena radiațiilor și radiobiologie și centrul de radioprotecție al CNSP. Astfel, ca material de cercetare a fost utilizat aerul de interior, apa potabilă, solul și materiale de construcție și/sau finisare. Au fost efectuate investigații instrumentale: concentrația ^{222}Rn în aerul interior, măsurătorile fondului gama terestru, conținutul de radionuclizi naturali în apa potabilă, sol, plante medicinale și materiale de construcție sau materia primă a acestora. A fost analizat Registrul Național al maladiilor oncologice din ultimii șase ani pentru populația generală (cancer per total), și rezultatele analizei morbidității generale a populației, îndeosebi, prin cancer bronhopulmonar [6-8]. S-au utilizat metode de investigații sanitaro-igienice, instrumentale și de laborator: investigații instrumentale a fondului gama terestru și a radiației cosmice în baza utilizării aparatului Radiometru ESM FH 40 G-L; determinarea concentrației de radon în principalele componente ale mediului: apă, aer, sol, utilizînd aparatul Radonometru RTM 1688-2; determinarea concentrației radionuclizilor naturali în produse alimentare, apă potabilă și materiale

de construcție în baza utilizării aparatului Complex beta-gama spectrometric cu program computerizat, Progress – 2000. Analiza datelor statistice oficiale privind incidența morbidității prin tumori maligne, îndeosebi, cancerul bronhopulmonar pe teritoriul Republicii Moldova s-a realizat utilizând metode epidemiologice. Datele obținute au fost prelucrate în pachetul computerizat STATISTICA 7 și Excel.

3. ESTIMAREA SANITARO-IGIENICĂ A NIVELULUI IRADIERII POPULAȚIEI REPUBLICII MOLDOVA DE LA SURSELE NATURALE DE RADIAȚII IONIZANTE

Capitolul 3 reflectă evaluarea igienică a concentrației radionuclizilor naturali în materialele de construcție și finisare; evaluarea sanitaro-igienică a concentrației de ^{222}Rn și descendenților săi în principalele componente ale mediului ambiant: sol, apă și în interior al diferitor tipuri de locuințe și edificii, în diferite zone ale Republicii Moldova.

3.1. Evaluarea sanitaro-igienică a concentrației radionuclizilor naturali în materialele de construcție

Pentru evaluarea igienică a concentrației radionuclizilor naturali din materialele de construcție și finisare, utilizate frecvent pe teritoriul Republicii Moldova, au fost investigate prin metoda spectrometrică 497 de probe de materiale de construcție și finisare, efectuând 1988 de investigații, pentru fiecare radionuclid în parte. Numărul probelor și volumul investigațiilor efectuate au constituit lotul de cercetare pentru radionuclizii naturali din materialele de construcție și/sau finisare.

Investigațiile *gama* spectrometrice efectuate asupra diverselor materiale de construcție și finisare, utilizate în construcția edificiilor locative, de menire social-culturală și industriale, conform clasificării acestora în perioada studiului (2011-2015), au remarcat o activitate diversă a concentrației medii a principalilor radionuclizi naturali conform tipului de materie primă, utilizată în producere. Astfel, limita de variație a activității concentrației principalilor radionuclizi naturali ^{226}Ra , ^{232}Th și ^{40}K a fost cuprinsă între limita minimă de detecție a complexului *gama* spectrometric și valoarea maximă înregistrată, constituind respectiv 882,9 Bq/kg/l, 403,3 Bq/kg/l și 2445,0 Bq/kg/l (Figura 3.1), rezultatele fiind similare cu cele ale altor autori [9-11].

Concentrații mai sporite ale ^{40}K au prezentat articolele: cărămida, granitul, materialele și accesoriile pentru construcții, cimentul/gipsul și produsele chimice: vopsea, lac, adeziv, etc (Figura 3.1). Valori mai diminuate ale radionuclidului sus-menționat au prezentat: articolele din lemn/mobilier și articolele din material de plastic. Referitor la ^{232}Th și ^{226}Ra , aceștia au fost mai activi în cărămidă și produsele chimice: vopsea, lac, adeziv etc., în special ^{226}Ra . Astfel, clasificarea materialelor de construcție și/sau finisare este necesară pentru a putea efectua supravegherea fiecărui tip de material utilizat în construcție, îndeosebi, a edificiilor locative, la activitatea concentrației principalilor radionuclizi naturali și concentrarea lor în diverse produse, conform clasificării.

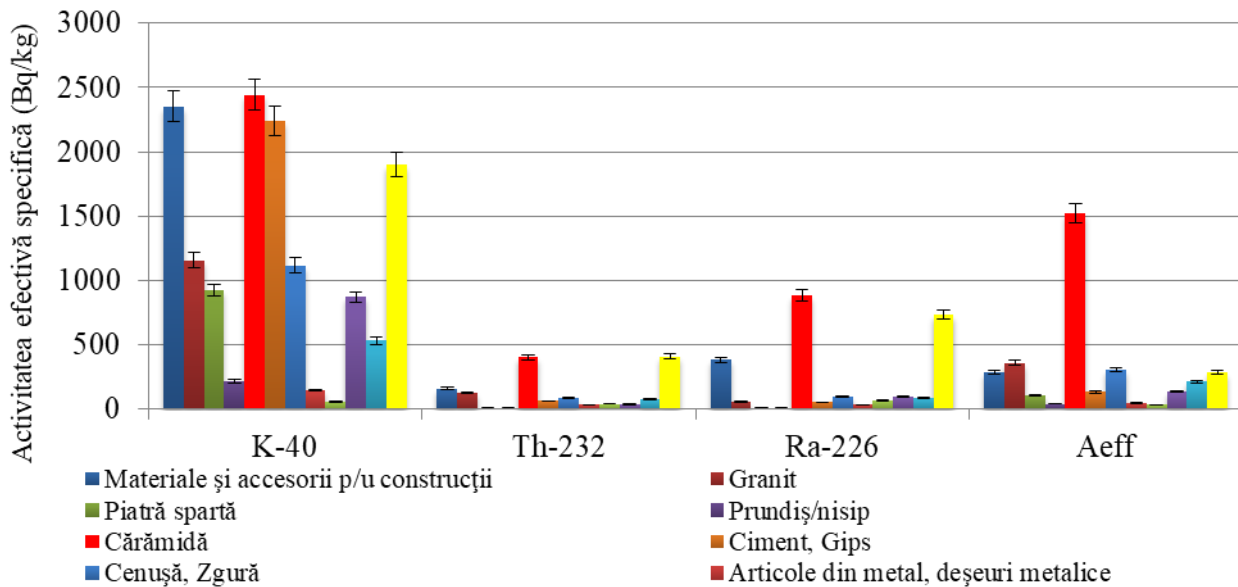


Fig. 3.1. Activitatea specifică (Bq/kg) a radionuclizilor ⁴⁰K, ²³²Th și ²²⁶Ra și activitatea efectivă specifică (Bq/kg), în diferite materiale de construcție și finisare.

Rezultatele denotă că din numărul total de 497 de probe de diverse materiale de construcție și/sau finisare, investigate prin metoda spectrometrică, la principalii radionuclizi naturali, 446 s-au dovedit a fi materiale din grupa 1, conform nivelelor admise ale parametrilor reglementați ai radioactivității naturale pentru obiectivele de construcție (Tabelul 3.1).

Tabelul 3.1 Nivelurile admise ale parametrilor reglementați ai radioactivității naturale pentru obiectivele de construcție, conform clasificării

Nr	Parametrii igienico –radiologici reglementați	Nivelurile admise pentru grupurile obiectivelor de construcție			
		1	2	3	4
1	Debitul dozei echivalente în încăperi, $\mu\text{Sv/h}$.	$\leq 0,25$	$\leq 0,5$	Nu se normează	Nu se normează
2	Activitatea echivalentă medie anuală pe volum a ²²² Rn în aerul încăperilor, Bq/m^3 .	≤ 100	≤ 150	Nu se normează	Nu se normează
3	Activitatea efectivă specifică a radionuclizilor naturali (A_{eff}) în materialele de construcție.	≤ 300 clasa – I	≤ 600 clasa – II	≤ 1350 clasa – III	Nu se normează

Rezultatele obținute denotă o concentrație a activității efective specifice a radionuclizilor naturali (A_{eff}) în materialele de construcție și finisare $\leq 300 \text{ Bq/kg/l}$ în 88,7% din volumul total de probe investigate. În altă ordine de idei, în cazul a 51 mostre, 11,3% din volumul total de probe, investigate prin metoda spectrometrică, s-au înregistrat valori ale activității specifice efective net superioare celor recomandate de normativele în vigoare pentru materialele de construcție și finisare, utilizate în construcția edificiilor locative.

Reieșind din datele obținute, am stabilit că activitatea efectivă specifică a radionuclizilor naturali ²²⁶Ra, ²³²Th și ⁴⁰K din unele tipuri de materiale de construcție,

este semnificativă, ceea ce crește riscul de expunere a populației, îndeosebi din grupurile 2 și 3, conform nivelelor admise ale parametrilor reglementați ai radioactivității naturale pentru obiectivele de construcție (Tabelul 3.1). Expunerea populației este strict dependentă de calitatea materialelor de construcție și finisare, din punct de vedere radiologic, utilizate în construcție și de timpul aflării în interiorul edificiilor locative, social-culturale, industriale și de altă menire [12-16].

3.2. Evaluarea sanitaro-igienică a concentrației ^{222}Rn și descendenților săi în principalele componente ale mediului ambiant. Evaluarea sanitaro-igienică a concentrației de ^{222}Rn și descendenților săi în sol.

Evaluarea igienică a concentrației de ^{222}Rn și descendenților săi în sol. Scopul cercetărilor în cauză a constat în determinarea concentrațiilor de radon în diverse tipuri de sol ale principalelor Zone geografice din Republica Moldova.

Concentrația de Radon a unei formațiuni geologice depinde de cantitatea de Radium și de caracteristicile fizice și chimice locale ale rocilor, respectiv, solului. Cantitatea de Radium și respectiv concentrația de Radon din sol poate să varieze radical atât în funcție de localitate, cât și în funcție de adâncime, datorită structurilor variate ale formațiunilor geologice locale. Granitul și rocile vulcanice conțin cantități mari de Radium. Rocile sedimentare și metamorfice sunt de radioactivitate medie. În rocile bazaltice și calcaroase Radium se depistează în cantități mici [17-19].

În studiul în cauză am efectuat 296 de măsurători ale concentrațiilor de radon din solul adiacent diferitor tipuri de roci, la adâncimea de 1 m. Rezultatele au demonstrat că concentrațiile radonului au variat în funcție de tipul solului. Astfel, în solurile adiacente tipului de rocă gresie, valorile Radonului și Thoronului au constituit respectiv, $1756,7 \text{ Bq/m}^3$ și 213 Bq/m^3 . Pentru solul argilos indicii au constituit – $1169,0 \text{ Bq/m}^3$ și $126,0 \text{ Bq/m}^3$, pentru solul nisipos – $284,4 \text{ Bq/m}^3$ și $87,6 \text{ Bq/m}^3$, iar pentru solul calcaros – $135,3 \text{ Bq/m}^3$ și $46,25 \text{ Bq/m}^3$. Deci, valori sporite ale Radonului și Thoronului au fost detectate în solurile de tip gresie și argilos (Figura 3.2).

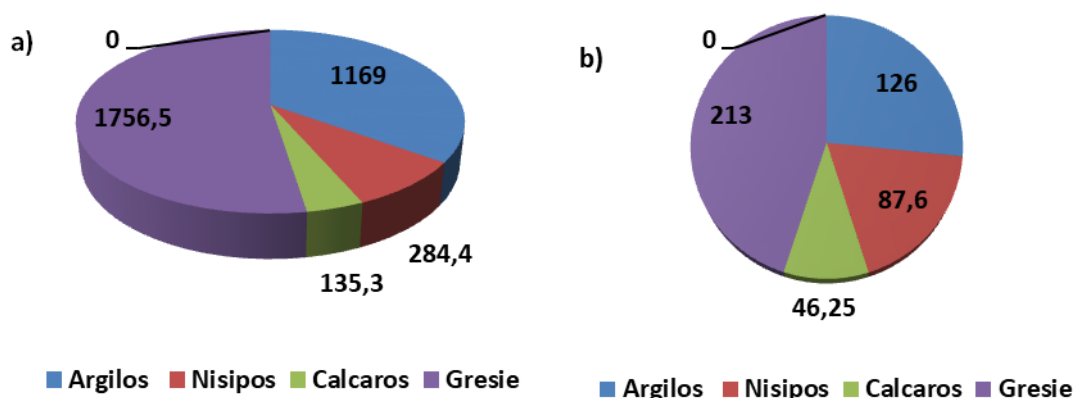


Fig. 3.2 Concentrația de Radon (a) (Bq/m^3) și Thoron (b) (Bq/m^3) la exhalarea din sol în funcție de tipul rocii, a. 2011 (n=296).

Totodată, s-a demonstrat că în Zona de Sud și Centru indicii studiați au prezentat valori mai sporite, constituind respectiv, $1419,28 \text{ Bq/m}^3$ și $144,28 \text{ Bq/m}^3$, $1108,25$ și $144,28 \text{ Bq/m}^3$. Cele mai mici valori ale Radonului și Thoronului au fost depistate în Zona Centru – $164,7 \text{ Bq/m}^3$ și $78,6 \text{ Bq/m}^3$ (Figura 3.3).

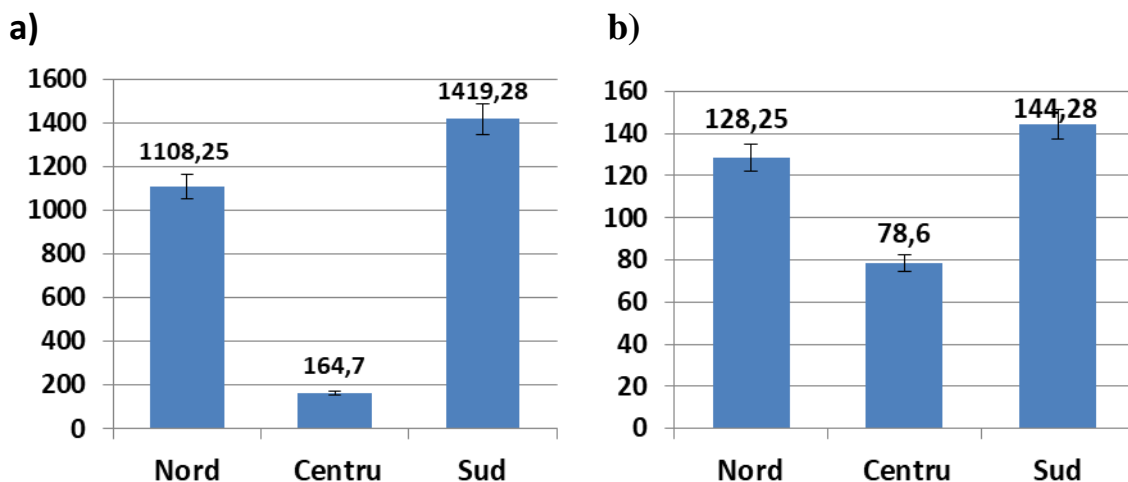


Fig. 3.3. Concentrația de Radon (a) (Bq/m^3) și Thoron (b) (Bq/m^3) la exhalarea din sol în principalele Zone ale Republicii Moldova, a. 2011.

Rezultatele obținute a concentrațiilor de Radon și Thoron în funcție de localitate, au evidențiat raioanele de Nord, în special r. Soroca cu valorile $1756,5 Bq/m^3$ – pentru Radon și $213 Bq/m^3$ – pentru Thron și raioanele de sud – Cantemir și Comrat.

Rezultatele măsurătorilor au fost folosite în cartografierea preliminară a concentrației de Radon la exalarea din sol, în diverse zone ale Republicii Moldova (Figura 3.4), care pun în evidență valori înalte, ce depășesc CMA, conform normativului național ($200 Bq/m^3$) atât pentru solurile de tip gresie, utilizate pentru producerea pietrei brute și pietrei de făcuire și argiloase, cât și pentru solul argilos, utilizat pentru producerea betonului ușor (cheramzitei), în special în zona de Nord a Republicii Moldova, raionul Soroca, unde solul este mai bogat în roci, dar și în Zona de Sud – r. Cantemir și Comrat.

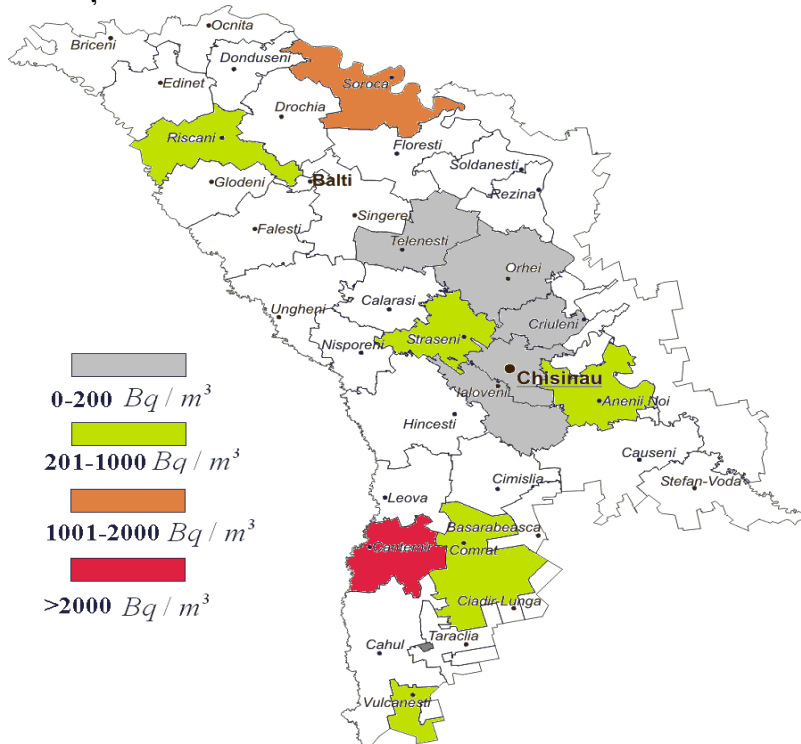


Fig. 3.4. Cartografierea preliminară a radioactivității radonului la exalarea din sol, în diverse zone ale Republicii Moldova.

3.3. Determinarea concentrațiilor de Radon în apele Republicii Moldova

Pentru a monitoriza concentrația de Radon în apele potabile din Republica Moldova în perioada a. 2012-2014, au fost efectuate 511 măsurători în 57 de probe de apă, prelevate din fântâni, sonde arteziene, apeduct (r. Nistru), izvor, râul Prut, din diferite regiuni ale republicii.

Rezultatele măsurătorilor efectuate, denotă că în apele din sondele arteziene concentrația radonului a variat în limitele 1,977-4,072 Bq/m³; apele de apeduct — 0,10-8,96 Bq/m³; apele de izvor — 4,857-7,729 Bq/m³; apele de fântâni — 0,447-11,38 Bq/m³, iar apele de suprafață — circa 2 Bq/m³. S-a stabilit că concentrațiile de ²²²Rn în apele cercetate nu au depășit valorile admisibile conform normelor naționale și Directivei 2013/59/Euratom. Măsurarea concentrațiilor de Radon au fost efectuate cu radonometrul *RTM 1688*, având un adaptor special pentru determinarea ²²²Rn și a ²²⁰Rn din probele de apă; diapazonul fiind de 1,85 – 9250 Bq/l [20-23].

Rezultatele arată că, în zona de Nord a țării s-au înregistrat cele mai mari concentrații de radon, urmată de zona Centru cu 2,84 Bq/l. Cele mai mici concentrații de radon s-au înregistrat în zona de Sud cu media de 1,09 Bq/l (Figura 3.5).

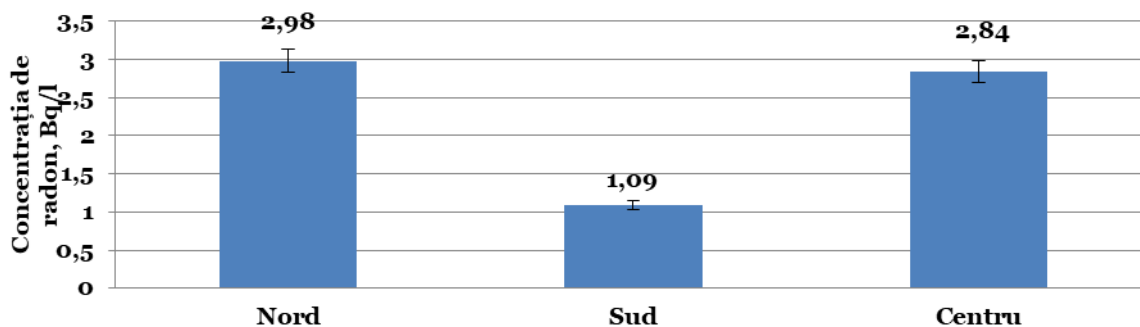


Fig. 3.5. Concentrația de Radon în diferite surse de apă potabilă în Zonele Nord, Sud și Centru, în perioada 2012-2014.

În ceea ce privește tipul sursei de apă, rezultatele demonstrează că cea mai mare concentrație de radon a fost înregistrată în apele de izvor – 6,17 Bq/l, urmată de apele din fântâni, apeducte și sonde arteziene. Concentrații mai mici de Radon au fost înregistrate în apele de suprafață, fântâni de mină și ape îmbuteliate (Figura 3.6).

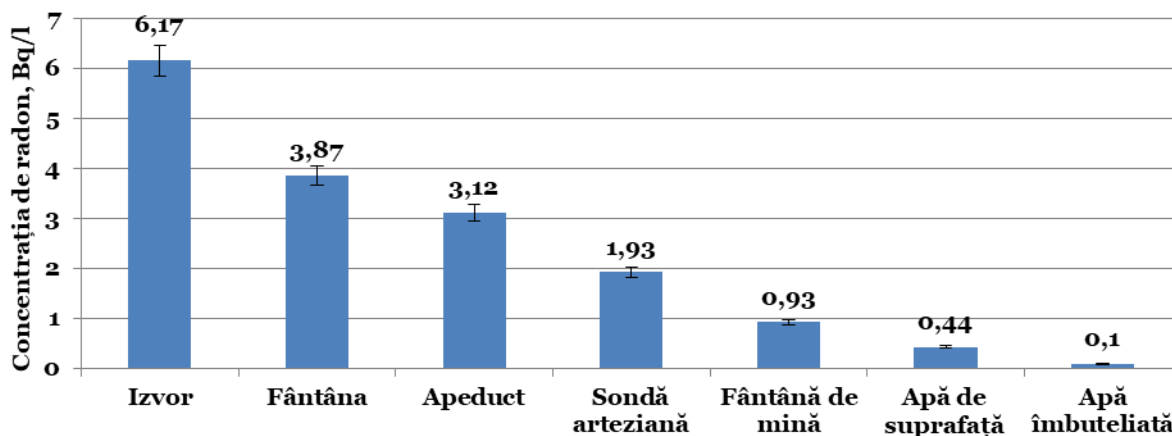


Fig. 3.6. Concentrația de Radon în diverse surse de apă potabilă, în perioada a. 2012-2014.

Deci, concentrații mai mari ale ^{222}Rn au fost depistate în apele de fântâni și apele de izvor. Aceasta relevă că, la adâncimi mai mari acumularea radonului este mai sporită, iar prin fisurile tectonice pătrunde în apă. Concentrațiile de radon în apele cercetate nu au depășit valorile admise conform normelor naționale [NFRP-2000, 2001] și Directivei 2013/59/Euratom [12, 24, 25].

Studiul prezentat în subcapitolul în cauză constituie o cercetare în premieră detaliată a concentrațiilor de radionuclizi în apa potabilă din Republica Moldova, efectuat în legătură cu implementarea Directivei 2013/59/EURATOM din 5 decembrie 2013. S-a demonstrat că, concentrația de radon din apă variază foarte mult și depinde de natura acviferului, litologie și de condițiile de mediu. Concentrațiile radonului măsurate în toate localitățile s-au dovedit a fi mai mici decât normele stabilite de OMS. Cea mai mare concentrație de ^{222}Rn a fost înregistrată în acviferele mici, în apa de izvor și fântâni, iar cea mai mică concentrație în acviferele mari – în apele de suprafață, datorită trecerii directe a ^{222}Rn în aer.

Este necesar să se monitorizeze activitatea concentrațiilor radionuclizilor, inclusiv radonul în apa de băut, în special pentru radionuclizii cu cel mai mare factor de conversie a dozei efective, pentru a evalua doza efectivă anuală echivalentă.

3.4. Evaluarea igienică a concentrației de ^{222}Rn și a descendenților săi în aerul de interior

Pe parcursul anilor de cercetare, 2012-2015, au fost efectuate 1787 de măsurători ale concentrațiilor de interior în încăperi: case de locuit, edificiile culturale, școli, grădinițe, etc. (Tabelul 3.2).

Tabelul 3.2. Concentrația Rn^{222} în aerul de interior (încăperi locative și de producere) pe teritoriul Republicii Moldova, a. 2012- 2015

Tipul factorului de mediu	Nr. probe/măsurători efectuate					Limitele de variație a concentrației ^{222}Rn , Bq/m^3				
	2011	2012	2013	2014	2015	2011	2012	2013	2014	2015
Aerul de interior (încăperi locative sau de producere)	89	143	666	527	451	21 – 431	18 – 480	26 – 717	30 – 717	11 – 619

Datele din Tabelul 3.2 relevă că concentrația ^{222}Rn în aerul de interior (încăperi locative și de producere) a variat în anii 2011 – 2014 în limitele, respective: 21 – 431 Bq/m^3 ; 18 – 480 Bq/m^3 ; 26 – 717 Bq/m^3 și 30 – 717 Bq/m^3 . Conform normelor naționale, concentrația medie echivalentă anuală de echilibru (CMEAE) a ^{222}Rn în aerul încăperilor vechi reproiectate și reconstruite, cu aflarea permanentă a oamenilor, nu trebuie să depășească 150 Bq/m^3 . În aerul camerelor edificiilor recent construite CMEAE a ^{222}Rn nu trebuie să depășească 100 Bq/m^3 .

Variația concentrațiilor de Radon în aerul interior al diferitor tipuri de locuințe și edifici, în diverse zone ale Republicii Moldova. Determinarea concentrațiilor de ^{222}Rn (circa 300 măsurători) în aerul de interior al diferitor tipuri de locuințe în arii rurale/urbane ale principalelor Zone ale Republicii Moldova a depistat valori majorate în peste 40 % din punctele investigate (Figura 3.7).

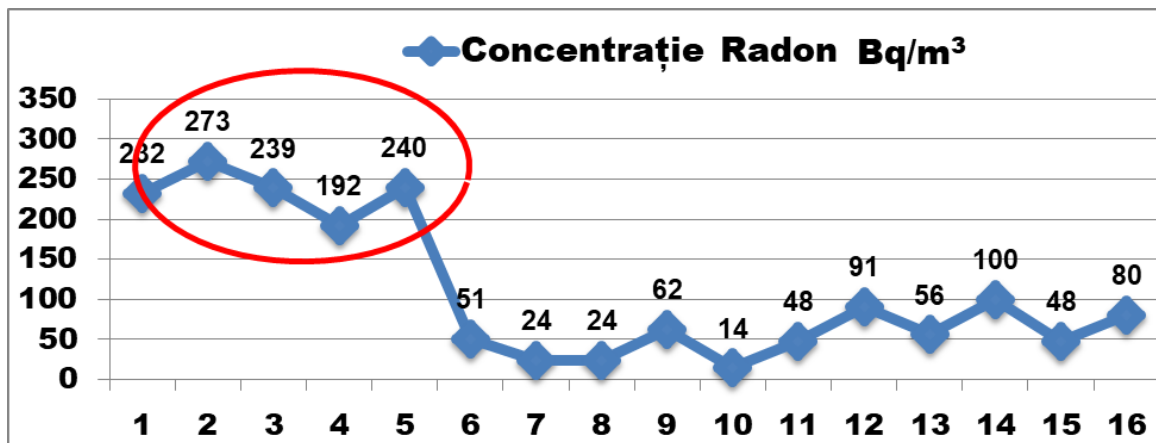


Fig. 3.7. Variația concentrațiilor de Radon în aerul interior al diferitor tipuri de locuințe și edificii publice, în diverse zone ale Republicii Moldova.

1 – Durlești, casă individuală; 2 – Leova, CS; 3 – Chișinău, Bloc, demisol; 4 – Chișinău, casă individuală; 5 – Chișinău Inst. Microbiologie; 6 – Chișinău, casă locativă; 7 – Chișinău, casă locativă; 8 – Chișinău, casă locativă; 9 – Chișinău, casă locativă; 10 – Chișinău, casă locativă; 11 – Chișinău, casă locativă; 12 – Chișinău, casă locativă; 13 – Cahul, casă Bloc; 14 – Leova, casă individuală; 15 – Cahul, casă Bloc; 16 – Cahul, casă individuală.

Determinarea concentrațiilor de Radon în aerul de interior al diferitor tipuri de locuințe în arii rurale și urbane ale principalelor zone ale Republicii Moldova a depistat valori sporite în majoritatea punctelor de măsurare. Astfel, am putut demonstra că problema radonului necesită să fie în vizorul instituțiilor de stat prin elaborarea unei strategii naționale pentru diminuarea expunerii populației.

Calcularea și evaluarea EDE mediu per capita în Republica Moldova, asociat iradierii naturale, a. 2011 – 2016. Concomitent, în studiul nostru s-a analizat interacțiunea factorului de risc radiogen cu dezvoltarea maladiilor oncologice în condițiile din Republica Moldova.

Astfel, s-a stabilit că, echivalentul dozei efective (EDE, mSv/an) mediu *per capita* în Republica Moldova, asociat iradierii naturale, pentru perioada 2011-2016 (ponderea, %), a constituit 2,594 mSv/an (Tabelul 3.3):

Tabelul 3.3. EDE mediu *per capita* (mSv/an), în Republica Moldova, asociat iradierii naturale, a. 2011 – 2016

Nr.	Tipul sursei naturale de iradiere	EDE mediu per locuitor, mSv/an		Ponderea, %
		Iradierea internă	Iradierea externă	
1	Radiația cosmică	-	0,350	13,49
2	Radiația gama telurică	-	0,378	14,57
3	Surse de iradiere prin ingestie: ^{40}K , ^{238}U și ^{232}Th	0,268	-	10,33
4	Surse de iradiere prin inhalare: ^{222}Rn + descendenți	1,457	-	56,17
5	Surse de iradiere prin inhalare: ^{220}Rn +descendenți	0,141	-	5,43
Total		2,594		100%

Cercetările au demonstrat că doza colectivă anuală, asociată iradierii de la sursele naturale în Republica Moldova a constituit 9222,08 omSv/an, iar riscul asociat iradierii naturale în dezvoltarea maladiilor oncologice – 9-11 % din totalul neoplaziilor pulmonare sau estimativ 450 de decese anual prin cancer (Tabelul 3.4).

Tabelul 3.4. Calcularea dozei efective colective anuale și a riscului asociat expunerii populației Republicii Moldova la sursele naturale de radiații ionizante, omSv/an

Nr.	Tipul sursei naturale de iradiere	Doza colectivă, omSv/an		Riscul expunerii conform CIPR, cazuri letale
		Iradierea internă	Iradierea externă	
1	Radiația cosmică	-	1244,305	60
2	Radiația gama telurică	-	1343,850	65
3	Surse de iradiere prin ingestie: ^{40}K , ^{238}U și ^{232}Th	952,782	-	45
4	Surse de iradiere prin inhalare: ^{222}Rn + descendenți	5179,866	-	255
5	Surse de iradiere prin inhalare: ^{220}Rn +descendenți	501,277	-	25
Total		9222,08		450

Problema științifică soluționată în prezentul compartiment, constă în evaluarea sanitaro – igienică a concentrațiilor de radionuclizi naturali în materialele de construcție, a concentrației ^{222}Rn în principalele componente ale mediului ambiental: apă, sol și în aerul interior al încăperilor. De asemenea, s-a evaluat riscul pentru sănătate, cauzat de expunerea la ^{222}Rn . Studiul a stabilit că doza efectivă anuală a expunerii la Radon (H), pentru perioada 2011-2015 a constituit 6,6 mSv/y, inclusiv pentru a. 2011 – 4,8 mS/y; a. 2012 – 7,6 mS/y; a. 2013 – 6,4 mS/y; a. 2014 – 6,9 mS/y; a. 2015 – 5,1 mS/y. Totodată, ELCR – riscul duratei vieții (%) pentru declanșarea cancerului bronhopulmonar la persoane expuse radiațiilor ionizante, a constituit 2,5 % (valoarea medie pentru perioada a. 2011-2015). Riscul declanșării cazurilor de cancer bronhopulmonar la 1 mil. populație pentru perioada, inclusă în studiu, a constituit 118,8 cazuri/1 milion populație [26-28].

4. STUDIEREA ÎN DINAMICĂ A INCIDENȚEI MORBIDITĂȚII, CAUZATE DE DIFERITE TIPURI DE CANCER, ÎN RÂNDUL POPULAȚIEI DIN REPUBLICA MOLDOVA, ÎN RELAȚIE CU FACTORII DE RISC, ASOCIAȚI RADIAȚIILOR IONIZANTE

4.1. Structura morbidității cauzate de maladii oncologice în Republica Moldova, în perioada a. 2013 – 2015

Nivelurile diminuate de radiații nu distrug celulele, dar pot cauza modificări prin deteriorarea ADN. În multe cazuri, modificările vor putea fi remediate de organism, dar există probabilitatea ca, ulterior acestea să ducă la apariția cancerului. Radionuclizii ajunși în sânge, trec în țesuturi, unde o parte (30 – 70%) este fixată, cealaltă fiind eliminată prin urină, fecale și transpirație. În funcție de activitatea metabolică a diverselor țesuturi, radionuclizii pot fi eliminați sau recirculați în sânge și fixați din nou. Studiile recente demonstrează acțiunea nocivă pentru sănătate a expunerii la Radon, inclusiv prin dezvoltarea maladiilor oncologice [30].

Rezultate cercetării denotă că numărul crescut de cazuri de cancer în Republica Moldova este alarmant și aceasta este o problemă serioasă cu care se confruntă specialiștii din domeniul sănătății publice (Figura 4.1).

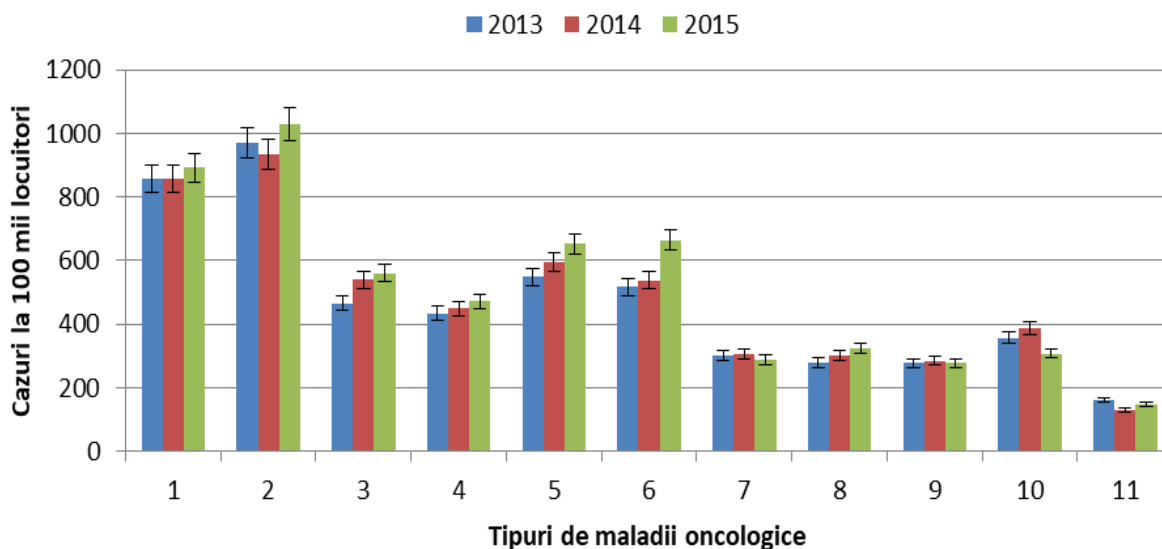


Fig. 4.1. Structura morbidității cauzate de maladii oncologice în perioada a. 2013-2015 în Republica Moldova.

1 – cancerul bronhopulmonar, 2 – cancerul glandei mamare, 3 – cancerul rectului, 4 – cancerul stomacului, 5 – cancerul colonului, 6 – hemoblastoze, 7 – cancerul colului uterin, 8 – cancerul uterului, 9 – cancerul ficatului, 10 – cancerul glandei tiroide, 11 – cancerul ovarului.

Analiza prevalenței prin tumori maligne, conform Zonelor Nord, Centru și Sud, a. 2010 – 2014 a demonstrat sporire în dinamică a incidenței maladiilor oncologice. Astfel, în a. 2014 acest indicator pentru țară a constituit 1371,2 cazuri la 100 000 de locuitori, în comparație cu a. 2010-1229,6 de cazuri (Figura 4.2).

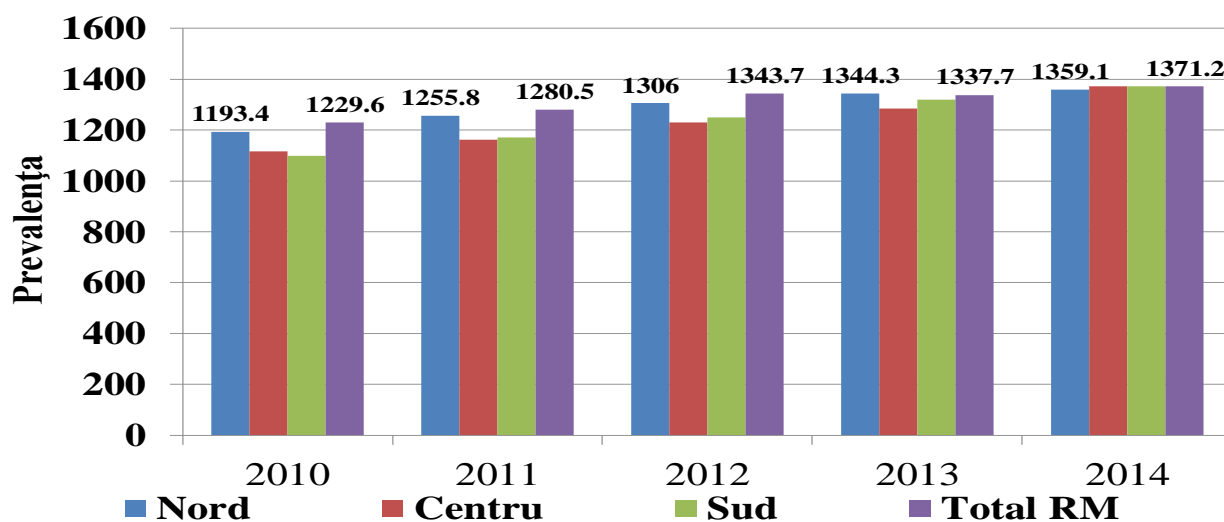


Fig. 4.2. Morbiditatea populației Republicii Moldova cauzată de tumori maligne, conform zonelor: Nord, Centru și Sud, a. 2010 – 2014 [29].

Pe parcursul cercetării au fost depistate deosebiri în structura morbidității, cauzate de maladii oncologice între zonele principale ale Republicii Moldova. Astfel, în anii 2014-2015, s-a observat că dezvoltarea aproximativ a tuturor tipurilor de cancer era mai sporită în Zona de Centru a țării, în comparație cu celelalte două zone: Sud și Nord (Figura 4.3).

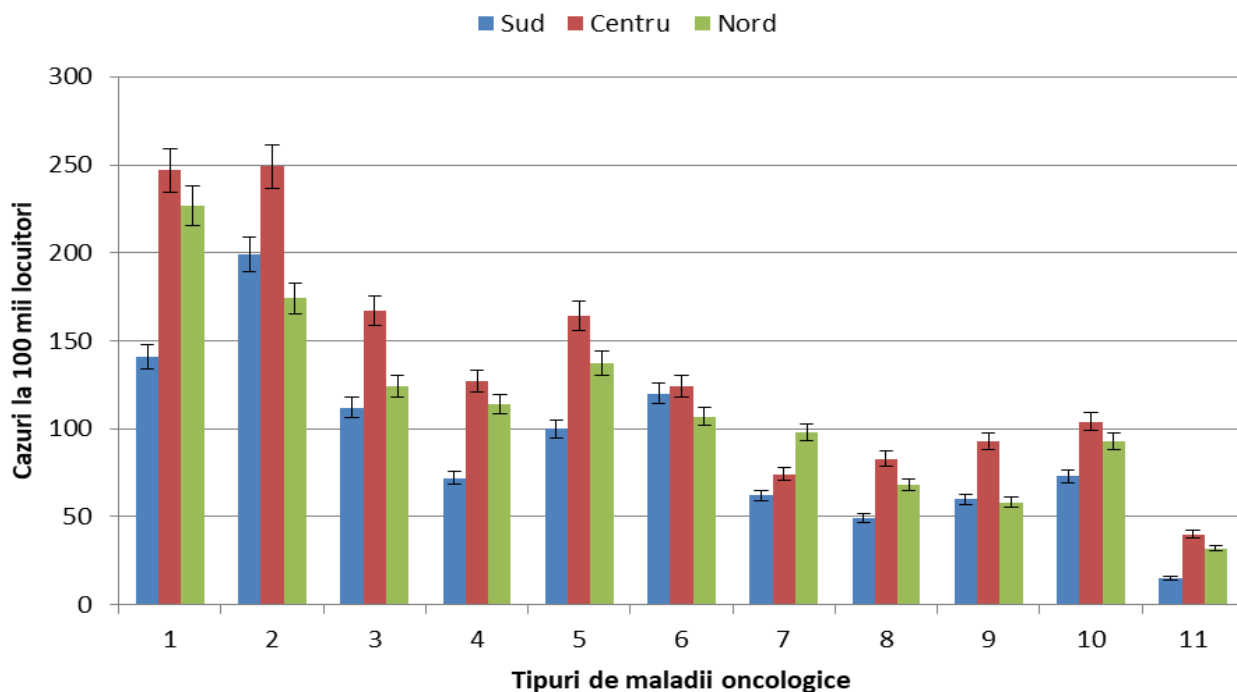


Fig. 4.3. Structura morbidității cauzate de maladii oncologice în perioada a. 2014-2015 în principalele zone ale Republicii Moldova.

1 – cancerul bronhopulmonar, 2 – cancerul glandei mamare, 3 – cancerul rectului, 4 – cancerul uterului, 9 – cancerul ficatului, 10 – cancerul glandei tiroide, 11 – cancerul ovarului.stomacului, 5 – cancerul colonului, 6 – hemoblastoze, 7 – cancerul colului uterin, 8 – cancerul

Incidența cancerului bronhopulmonar în Republica Moldova în perioada a. 2013-2015. Actualmente atât în Republica Moldova, cât și în alte țări se observă o răspândire sporită a cancerului bronhopulmonar. Este știut faptul că cauza principală a declanșării cancerului bronhopulmonar, conform datelor OMS, ar fi tutunul, care se estimează a fi responsabil pentru 85% din toate cazurile de acest tip de cancer. A doua cauză în dezvoltarea cancerului bronhopulmonar ar fi expunerea la Radonul rezidențial – un gaz ce se emană din sol prin descompunerea naturală a Uraniului. Alte cauze ar fi expunerea la azbest, factorul genetic, aerul poluat, nivelul ridicat de arsen în apa potabilă, terapia cu radiații ionizante etc. [31].

Pentru Republica Moldova, în anul 2014 un număr de 403 de decese, cauzate de cancer pulmonar, pot fi atribuite Radonului. Cea mai sporită incidență a cancerului bronhopulmonar în perioada inclusă în studiu a fost înregistrată în Zona de Nord și Centru a Republicii Moldova și cele mai afectate au fost r. Drochia, Orhei, Soroca și Anenii Noi (Figura 4.4).

Referitor la distribuirea declanșării cancerului bronhopulmonar pe zone geografice în condițiile Republicii Moldova, de menționat, că în general Zonele de Nord și Centru au fost mai apropiate în acest sens în toți anii de studiu. În zona de Sud incidența cancerului bronhopulmonar în perioada a. 2013-2015 era detașat mai diminuată, în comparație cu celelalte două zone, în special în a. 2014 (Figura 4.5).

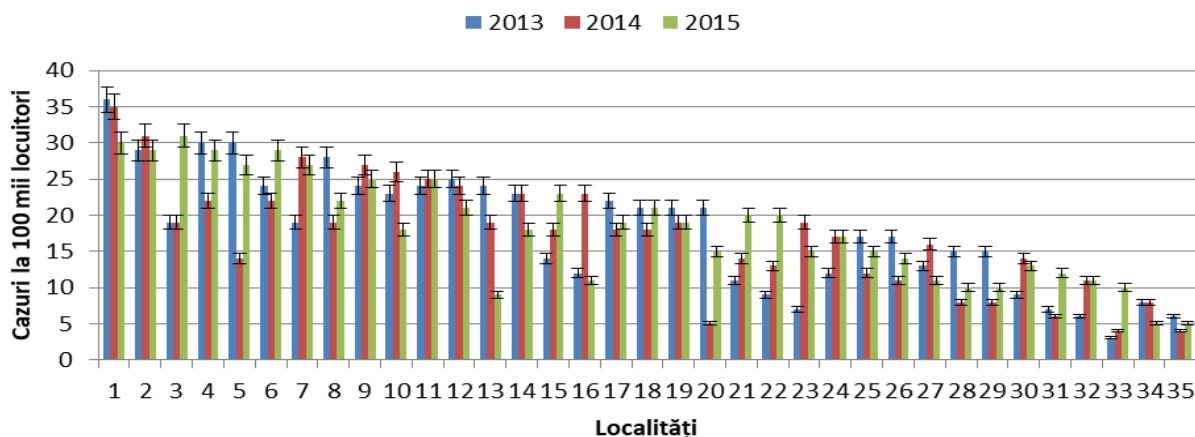


Fig. 4.4. Incidența cancerului bronhopulmonar în perioada a. 2013-2015 pe teritoriul Republicii Moldova.

1 – Orhei, 2 – Soroca, 3 – Anenii Noi, 4 – Drochia, 5 – Briceni, 6 – Fălești, 7 – Strășeni, 8 – Cahul, 9 – Râșcani, 10 – Florești, 11 – Ungheni, 12 – Hâncești, 13 – Comrat, 14 – Ialoveni, 15 – Căușeni, 16 – Glodeni, 17 – Edineț, 18 – Criuleni, 19 – Sângerei, 20 – Ceadâr-Lunga, 21 – Telenești, 22 – Leova, 23 – Nisporeni, 24 – Călărași, 25 – Cimișlia, 26 – Dondușeni, 27 – Ștefan-Vodă, 28 – Cantemir, 29 – Taraclia, 30 – Ocnița, 31 – Șoldănești, 32 – Rezina, 33 – Vulcănești, 34 – Dubăsari, 35 – Basarabeasca.

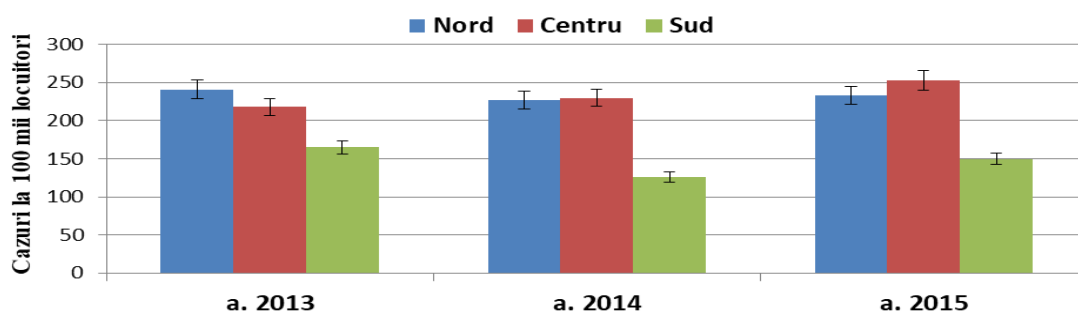


Fig. 4.5. Incidența cancerului bronhopulmonar în perioada a. 2013-2015 în principalele zone ale Republicii Moldova.

Deci, rezultatele în ceea ce privește incidența cancerului bronhopulmonar în principalele zone ale Republicii Moldova, în perioada a. 2013-2015, denotă clar o diferențiere a numărului total de cazuri de cancer bronhopulmonar între Zonele de Sud, Centru și Nord.

În Zona de Nord s-a înregistrat o rată mai mare de cazuri noi diagnosticate în perioada a. 2013-2015 cu 233 cazuri în anul 2015, în comparație cu Zona Centru și Sud. Cea mai mică rată de cazuri noi diagnosticate s-a înregistrat în Zona de Sud – 150 de cazuri noi în anul 2015.

Studiul nostru referitor la incidența hemoblastozelor în Republica Moldova în perioada a.2013-2015 a relevat incidență sporită a maladiei pentru r. Căușeni, Hâncești, Orhei, Strășeni și Ungheni. Valorile medii cu erorile indicatorului au constituit, respectiv: $16,6 \pm 4,04$; $18,0 \pm 2,0$; $17,0 \pm 2,6$; $16,3 \pm 3,5$ și $16,6 \pm 2,0$. Variabilitatea indicatorului a fost mai mare pentru r. Căușeni ($\sigma=16,3$) și Strășeni ($\sigma=12,3$). Concomitent, s-a observat că în r. Glodeni, Leova, Basarabeasca, Nisporeni, Șoldănești, Vulcănești și Dubăsari incidența morbidității prin hemoblastoze era mai mică, constituind: $8,0 \pm 2,6$; $7,0 \pm 2,6$; $4,6 \pm 3,7$; $7,0 \pm 1,7$; $6,0 \pm 2,6$; $5,3 \pm 2,3$ și $6,3 \pm 0,6$. Valoarea dispersiei era majorată în r. Orhei, constituind 14,3 (Figura 4.6).

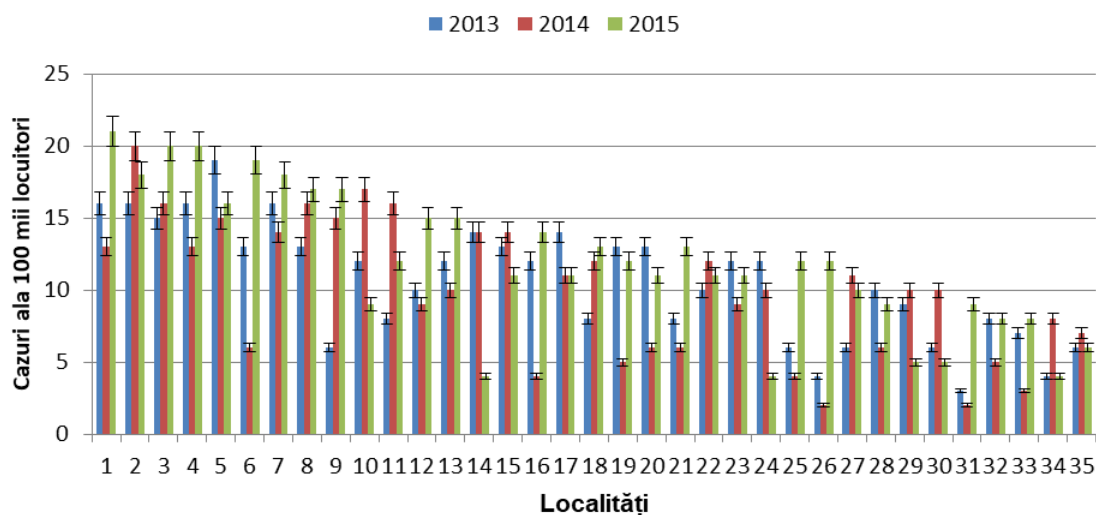


Fig. 4.6. Incidența cancerului hemoblastozei în perioada a. 2013-2015 pe teritoriul Republicii Moldova.

1 – Căușeni, 2 – Hâncești, 3 – Orhei, 4 – Strășeni, 5 – Ungheni, 6 – Fălești, 7 – Ialoveni, 8 – Cahul, 9 – Cea-dâr-Lunga, 10 – Soroca, 11 – Edineț, 12 – Criuleni, 13 – Ștefan-Vodă, 14 – Comrat, 15 – Sângerei, 16 – Bri-ceni, 17 – Călărași, 18 – Florești, 19 – Anenii Noi, 20 – Drochia, 21 – Ocnîța, 22 – Taraclia, 23 – Cantemir, 24 – Râșcani, 25 – Telenești, 26 – Rezina, 27 – Cimișlia, 28 – Dondușeni, 29 – Glodeni, 30 – Leova, 31 – Basarabeasca, 32 – Nisporeni, 33 – Șoldănești, 34 – Vulcănești, 35 – Dubăsari.

În scopul stabilirii influenței radioactivității radonului asupra declanșării maladiilor oncologice: cancerul bronhopulmonar, hemoblastozele și cancerul glandei tiroide, s-au efectuat analize statistice clusteriene și corelaționale. Astfel, prin analiza clusteriană a fost demonstrată interacțiunea dintre acțiunea Radonului și declanșarea maladiilor oncologice, inclusiv cancerul bronhopulmonar (clusterul A) cu evidențierea distanței euclidiene și a linkajului (Figura 4.7).

Analiza corelațională a demonstrat o dependență pozitivă medie dintre incidența cancerului bronhopulmonar și concentrația radonului. Astfel, coeficientul de corelație dintre incidența maladiei oncologice vizată și concentrația radonului a constituit $-0,571^{*\bullet}$ ($p \leq 0,05$) – ceea ce demonstrează dependența pozitivă medie între acești indicatori.

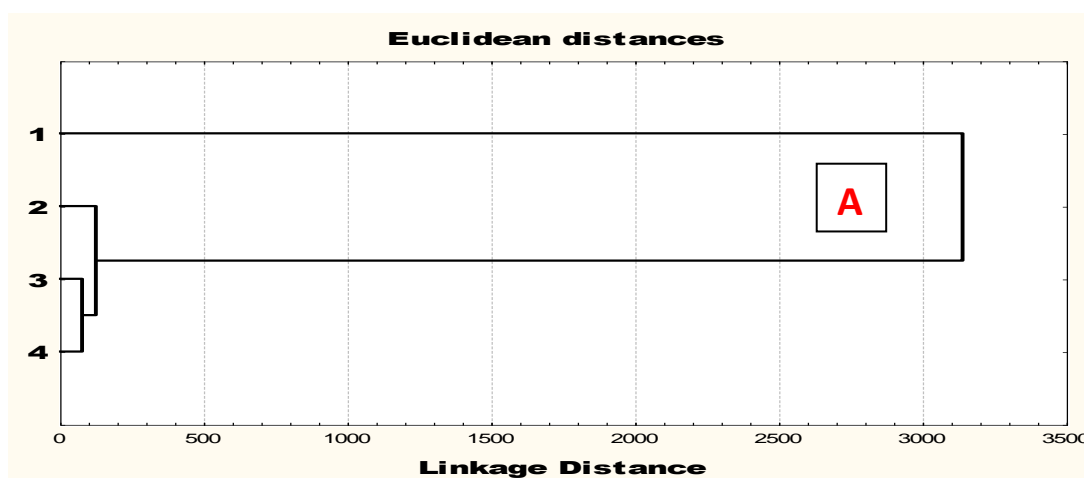


Fig. 4.7. Analiza clusteriană a interacțiunii *Radon x maladii oncologice*.

1 – concentrația radonului, 2 – incidența cancerului bronhopulmonar, 3 – incidența hemoblastozelor, 4 – incidența cancerului glandei tiroide.

4.3. Evaluarea și monitorizarea sanitaro-igienică a variației fondului *gama* extern pe teritoriul Republicii Moldova

În investigațiile radiologice, folosind metode dozimetrice – determinarea debitului dozei de expoziție a radiației *gama* naturale de fond, în punctul de măsurare CNSP pe parcursul a 4 ani: 2011-2014, s-a constatat că, fondul *gama* natural nu a depășit 15 $\mu\text{R/h}$. Astfel, s-a stabilit că variația radioactivității fondului *gama*, înregistrată în perioada a. 2012-2016 de către Serviciul Hidrometeo de Stat al Republicii Moldova, a variat în limitele 13,075 – 18,142 $\mu\text{R/h}$, 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 250 nSv/h (25,0 $\mu\text{R/h}$ sau 0,25 $\mu\text{Sv/h}$) (Figura 4.8).

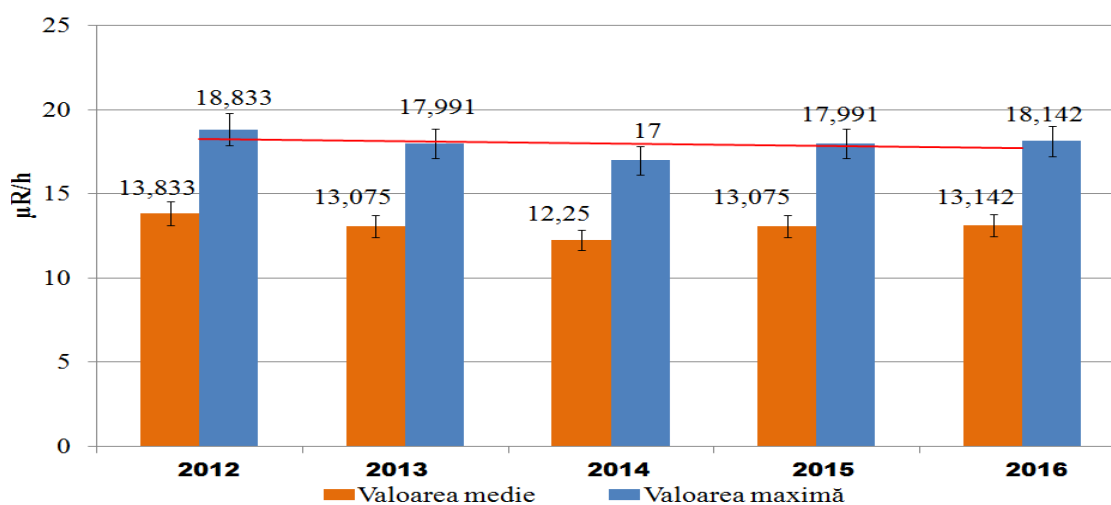


Fig. 4.8. Debitul dozei ambientale a radiației *gama* ($\mu\text{R/h}$) pe teritoriul Republicii Moldova în perioada a. 2012-2016.

Nu s-a observat o diferență semnificativă a debitului dozei de expoziție a radiației *gama* între zonele de Nord, Centru și Sud ale Republicii Moldova (Figura 4.9). Astfel, în Nord, Centru și Sud valorile medii ale indicatorului au constituit: 13,8 $\mu\text{R/h}$, 13,1 $\mu\text{R/h}$ și 12,2 $\mu\text{R/h}$, iar valorile maxime, respectiv: 18,8 $\mu\text{R/h}$; 18,1 $\mu\text{R/h}$ și 17,0 $\mu\text{R/h}$.

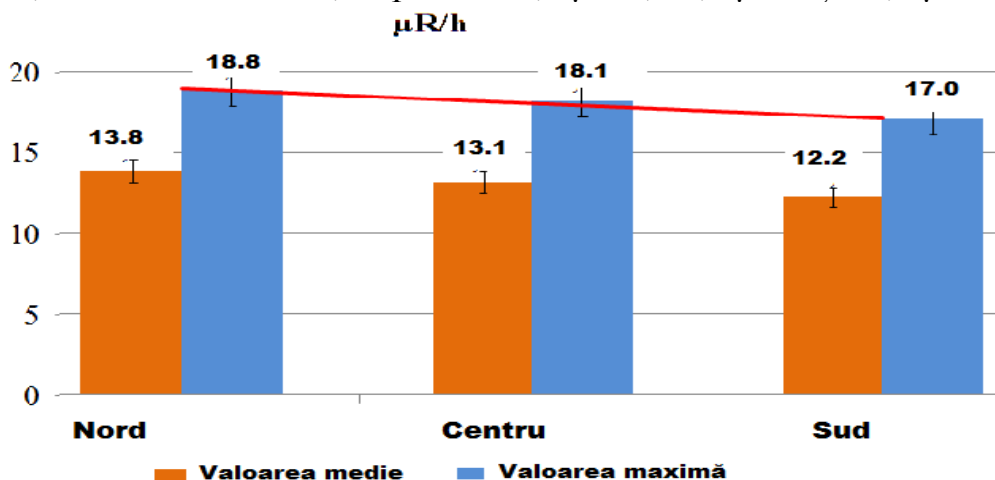


Fig. 4.9. Debitul dozei ambientale a radiației *gama* ($\mu\text{R/h}$) în Zonele de Nord, Centru și Sud ale Republicii Moldova.

Rezultatele din Figura 4.9 demonstrează o ușoară tendință de creștere a debitului dozei ambientale a radiației gama în partea de Nord a țării. Aceasta se poate explica prin faptul că această zonă a fost afectată mai puternic de consecințele ANC.

Problema științifică soluționată în acest capitol constă atât în identificarea structurii morbidității cauzate de maladiile oncologice în Republica Moldova în perioada a. 2013 – 2015, cât și stabilirea relației dintre declanșarea acestora și acțiunea radonului. A fost calculat riscul asupra sănătății cauzat de acțiunea radonului și a fost elaborat algoritmul de monitorizare a iradierii naturale a populației (fig. 4.10).

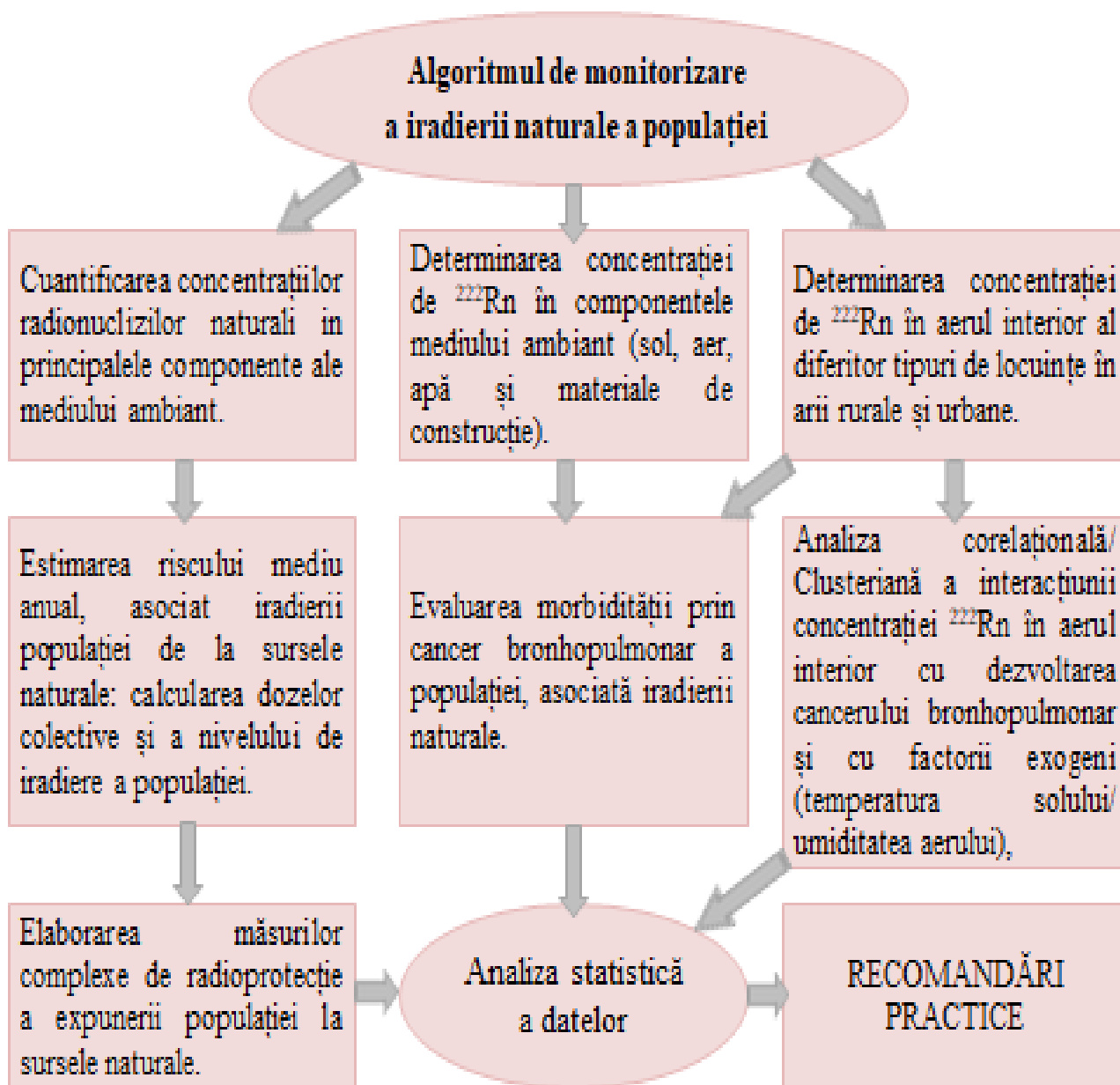


Fig. 4. 10. Algoritmul de monitorizare a iradierii naturale a populației.

CONCLUZII GENERALE

1. Rezultatele studiului indică necesitatea implementării măsurilor de supraveghere și prevenție, prin monitorizarea continuă a surselor naturale de radiații ionizante, pentru reducerea și/sau minimizarea impactului radiațiilor ionizante asupra sănătății populației [1, 10, 17].
2. Cercetarea concentrațiilor radionuclizilor naturali: ^{40}K , ^{232}Th și ^{226}Ra și a activității efective specifice (Aef) în materialele de construcție, a stabilit o variație în intervalul 100,6...1500 Bq/kg, astfel, în unele mostre, depășind normele naționale ($Aef \leq 300$ Bq/kg) [3, 12, 25].
3. Concentrația radonului și toronului în sol a variat în funcție de tipul acestuia. Astfel, valori sporite ale radonului și toronului au fost detectate în solurile de tip gresie și cel argilos. Studiul radioactivității radonului în apele subterane și de suprafață a demonstrat că concentrațiile de ^{222}Rn în apele investigate nu au depășit valorile admisibile conform normelor naționale și Directivei 2013/59/Euratom [13, 20, 22].
4. Studiul concentrației ^{222}Rn în aerul interior al diferitor tipuri de locuințe, a evidențiat nivelurile naționale de referință și zonele cu concentrații sporite. Au fost depistate valori majorate ale ^{222}Rn în peste 40 % din punctele investigate, unde s-au propus măsuri de radioprotecție, îndreptate spre evitarea pătrunderii gazului în aerul încăperilor. Valori majorate ale concentrațiilor Radonului 200...430 Bq/m³ au fost înregistrate preponderent în încăperile amplasate la subsol/demisol și depozite lipsite de ventilare [4, 8, 15].
5. Estimarea riscului mediu anual, asociat iradierii populației Republicii Moldova de la sursele naturale pentru perioada 2011-2016 a evidențiat că, echivalentul mediu anual al dozei efective (EDE) a constituit 2,594 mSv/an. Doza colectivă anuală, asociată iradierii de la sursele naturale în Republica Moldova pe parcursul perioadei de studiu a constituit 9222,08 mSv/an, iar riscul asociat iradierii naturale în dezvoltarea maladiilor oncologice a constituit 9 – 11 % din totalul neoplaziilor pulmonare sau estimativ 450 decese prin cancer letal [2, 3].
6. Evaluarea structurii morbidității prin maladii oncologice în perioada a.a. 2013-2015 în Republica Moldova a elucidat că incidența cancerului bronhopulmonar s-a situat pe primul loc în ierarhia maladiilor oncologice, înregistrate în țară. Această tendință s-a menținut pe parcursul ultimilor 6 ani. Analiza corelațională a demonstrat o dependență pozitivă medie dintre incidența cancerului bronhopulmonar și concentrația radonului. Astfel, coeficientul de corelație (valoarea medie) dintre indicatorii vizați a constituit 0,571^{*} ($p \leq 0,05$), ceea ce atestă dependența declanșării cancerului bronhopulmonar în funcție de concentrația radonului [5, 21, 24].
7. Rezultatele studiului confirmă necesitatea monitoringului permanent al radonului, elaborarea unei strategii naționale pentru diminuarea expunerii populației. Măsuri complexe de radioprotecție a expunerii populației Republicii Moldova la sursele naturale, inclusiv radonul, au fost incluse și aprobate în actele normative în domeniu. A fost elaborat un algoritm privind monitorizarea iradierii populației de la sursele naturale [19, 29, 30].

RECOMANDĂRI PRACTICE

1. În vederea efectuării atât a monitoringului Radonului în componentele mediului ambiant și în încăperi, cât și a actualizării normelor de radioprotecție a expunerii publicului la Radon și implimentarea măsurilor de prevenire/diminuare, se propune *pentru instituțiile de sănătate publică, instituțiile de cercetare și specialiștii din domeniul Igienii radiațiilor, Radiobiologie și Radioprotecție Ghidul „Metodologia monitorizării surselor naturale de Radon (^{222}Rn) și evaluarea riscului radiologic pentru populația expusă”, aprobat prin Hotărârea Medicului Șef Sanitar de Stat al Republicii Moldova nr 4 din 01.12.2014 (act de implementare nr. 4/08 din 08.12.2014; act de implementare nr 12/5-9-1971 din 18.05.2017; act de implementare nr 01-486 din 18.05.2017; certificat de autor nr 5379 din 09/06/2016).* Se recomandă armonizarea actului normativ național privind iradierea naturală, la standardele AIEA, OMS, CIPR, EURATOM.
2. *Ghidul „Monitorizarea surselor de radiații ionizante”, aprobat prin Hotărârea Medicului Șef Sanitar de Stat al Republicii Moldova nr 1 din 25 mai 2017 (certificat de autor nr 5599 din 13/04/2017)* se propune pentru instituțiile Serviciului de Supraveghere de Stat al Sănătății publice, inclusiv specialiștilor, care efectuează investigații radioecologice: medicilor igienisti, studenților și rezidenților facultății de Sănătate Publică a IP USMF, care studiază Igiena Radiațiilor la etapa pregătirii universitare/postuniversitare. Ghidul poate fi util, atât la pregătirea universitară/postuniversitară în domeniile conexe (specialitățile radioecologie/ecologie/protecția mediului), cât și la pregătirea utilizatorilor de surse cu radiații ionizante.
3. Modelul de cartografiere a concentrațiilor de radionuclizi naturali/tehnogeni și a maladiilor oncologice se propune pentru utilizare Ministerului Sănătății, Muncii și Protecției Sociale, Ministerului Agriculturii, Dezvoltării Regionale și Mediului și pentru procesul didactic din USMF „Nicolae Testemițanu”.
4. Pentru promovarea sănătății în rândul populației și autorităților publice locale, se propune Pliantul „*Impactul radonului asupra sănătății*”, unde se regăsește caracteristica radonului, riscul radonului pentru sănătate, căile de acces ale radonului în interiorul locuințelor, măsurile de diminuare a expunerii la Radon. Documentul este util și în supravegherea și reglementarea expunerii populației iradierii de la sursele naturale de radiații ionizante.
5. Baza de date a rezultatelor monitorizării surselor naturale de radiații ionizante, inclusiv Radonul va fi utilă în elaborarea și implementarea proiectelor regionale și internaționale, inclusiv ORIZONT 2020, în domeniul radioprotecției populației.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. Achola S.O. et al. Natural radioactivity and external dose in the high background radiation area of Lambwe East, Southwestern Kenya. In: Radiation Protection Dosimetry, 2012, vol.152(4), p. 423-428. doi: 10.1093/rpd/ncs047.
2. Gusain GS, Rautela BS, Sahoo SK, Ishikawa T, Prasad G, Omori Y, Sorimachi A, Tokonami S, Ramola RC. Distribution of terrestrial gamma radiation dose rate in the eastern coastal area of Odisha, India. In: Radiation Protection Dosimetry, 2012 Nov; 152(1-3):42-5. doi: 10.1093/rpd/ncs148. Epub 2012 Aug 8.
3. Harb S., El-Kamel Ael-H, Abbady Ael-B, Saleh II, El-Mageed AI. Specific activities of natural rocks and soils at quaternary intraplate volcanism north of Sana'a, Yemen. In: Journal of medical physics, 2012 Jan; 37(1):54-60. doi: 10.4103/0971-6203.92721.
4. 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. ISSN 1729-8687.
5. Bahnarel I., Corețchi L. Contribuții la monitorizarea radioactivității mediului. În: ACADEMOS, 2011, nr. 1(20), p. 77-81.
6. Lege nr. 10 privind Supravegherea de Stat a Sănătății Publice. În: Monitor Oficial nr. 67/183 din 03.04.2009.
7. Lege nr. 132 din 08.06.2012 privind Desfășurarea în siguranță a activităților nucleare și radiologice. În: Monitor Oficial nr. 229–233.
8. NFRP-2000. Norme fundamentale de radioprotecție. Cerințe și reguli igienice. Nr. 065334 din 27.02.2001. Monitorul Oficial Nr. 40-41 art Nr: 111.
9. Vîrlan S. Sursele naturale de radiații ionizante și expunerea populației Republicii Moldova riscului asociat iradierii. Sănătate Publică, Economie și Management în Medicină. 2013, 2 (47), 30-35. ISSN 1729-8687.
10. Vîrlan S. Posibilități moderne de măsurare experimentală a principalelor surse naturale de radiații ionizante. În: Sănătate Publică, Economie și Management în medicină, 2015, p. 25-30. ISSN 1729-8687.
11. Vîrlan S. Rezultate preliminare ale măsurării experimentale a principalelor surse naturale de radiații ionizante. În: Sănătate Publică, Economie și Management în medicină, 2016, nr. 5(69), p. 9-14. ISSN 1729-8687.
12. 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 Republica Moldova nr.92-93/239 din 03.08.2001.
13. Vîrlan S. Radonul – sursa principală de iradiere din locuință. În: Cronica sănătății publice, 2016, nr 1 (38), p. 28-29. ISSN 1857-3649.
14. Vîrlan S. ș.a. Ghid. Metodologia monitorizării surselor naturale de radon (^{222}Rn) și evaluarea riscului radiologic pentru populația expusă. Ch.: CNSP, 2014, 50 p. ISBN 978-9975-4027-6-7.
15. Akbari K., Mahmoudi J., Ghanbari M. Influence of indoor air conditions on radon concentration in a detached house. In: J. Environ Radioact., 2013, vol. 116, p. 166-73. doi: 10.1016/j.jenvrad.2012.08.013.
16. IAEA-TECDOC-1363, Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data IAEA, Vienna, 2003, 179 p. ISBN 92-0-108303-3. ISSN 1011-4289.
17. Vîrlan S. et al. Assessment of Radon concentration in the Republic of Moldova. In: Individual monitoring and environmental dosimetry – as important components of the radiation protection culture. National Conference of RRS, November, 13. 2013, p. 59.
18. Vukašinić I. et. al. Distribution of natural radionuclides in anthrosol-type soil. In: TUBITAK, 2010, vol. 34, p. 539-546. doi:10.3906/tar-0911-59.
19. Wallova G., Kandler N., Wallner G. Monitoring of radionuclides in soil and bone samples from Austria. In: J. Environ. Radioact., 2012, vol. 107, p. 44-50. doi: 10.1016/j.jenvrad.2011.12.007.
20. Somlai K. et al. Rn222 concentrations of water in the Balaton Highland and in the southern part of Hungary, and the assessment of the resulting dose. In: Radiat. Meas. 2007, vol. 42, p. 491-495.

21. Sorimachi A., Takahashi H., Tokonami S. Influence of the presence of humidity, ambient aerosols and thoron on the detection responses of electret radon monitors. In: *Radiat. Meas.*, 2009, vol. 44, nr 1, p. 111–115.
22. Moldovan M. et al. Radon concentration in drinking water and supplementary exposure in Baita-Steii mining area, Bihor county (Romania). In: *Radiation Protection Dosimetry Journal*, 2014, vol. 158, nr 4, p. 447-452.
23. 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. In: *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 2009, vol. 45(3), p. 269-272.
24. International Atomic Energy Agency (IAEA). COUNCIL DIRECTIVE 2013/59/EURATOM of 5 December 2013. <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/CELEX-32013L0059-EN-TXT.pdf>, vizitat la data 09.01.2017.
25. Harley N.H. et al. Radon water to air transfer measured in a bathroom in an energy-efficient home with a private well. In: *Radiat. Prot. Dosimetry*, 2014, vol. 160(1-3), p. 231-234. doi: 10.1093/rpd/ncu085.
26. Harley N. et al. Measurement of the indoor and outdoor (^{220}Rn (thoron) equilibrium factor: application to lung dose. In: *Radiation Protection Dosimetry*, 2010, vol. 141(4), p. 357-362. doi: 10.1093/rpd/ncq228.
27. Hazar N. et al. Perceived risk of exposure to indoor residential radon and its relationship to willingness to test among health care providers in Tehran. In: *J. Environ, Health Sci, Eng.*, 2014, vol. 12(1), p. 118. doi: 10.1186/s40201-014-0118-2.
28. Gusain G.S., Rautela B.S., Ramola R.C. Estimation of past radon exposure to indoor radon from embedded ^{210}Po in household glass. In: *Radiat. Prot. Dosimetry*, 2012, vol. 152(1-3), p. 46-50. doi: 10.1093/rpd/ncs149.
29. Centrul Național de Management în Sănătate (CNMS). *Formulare statistice 2011 – 2015*; Biroul Național de Statistică al Republicii Moldova.
30. Harley N.H., Robbins E.S. Radon and leukemia in the Danish study: another source of dose. In: *Health Phys.*, 2009, vol. 97(4), p. 343-347.
31. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans. Lyon (FR): International Agency for Research on Cancer; Radiation. (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, nr 100D.), 2012, 363 p.

LISTA PUBLICAȚIILOR LA TEMA TEZEI DE DOCTORAT

- **Articole de sinteză**

1. **VÎRLAN S.** Sursele Naturale de Radiații Ionizante și Expunerea Populației Republicii Moldova Riscului Asociat Iradierii. În: *Sănătate Publică, Economie și Management în Medicină*. 2013, 2 (47), 30-35. ISSN 1729-8687.
2. **VÎRLAN S.** Posibilități moderne de măsurare experimentală a principalelor surse naturale de radiații ionizante. În: *Sănătate Publică, Economie și Management în Medicină*. 2015, 2 (59), p. 25 – 30. ISSN 1729-8687.
3. **VÎRLAN S.** Rezultate preliminare ale măsurării experimentale a principalelor surse naturale de radiații ionizante În: *Sănătate Publică, Economie și Management în medicină*, 2016, nr. 5(69), p. 9-14. ISSN 1729-8687.

- **Articole în reviste de circulație internațională**

4. URSULEAN, I.; COREȚCHI, L.; CHIRUȚA, IU.; **VÎRLAN, S.** Estimation of indoor radon concentrations in the air of residential houses and mines in the Republic of Moldova. In: *Romanian Journal of Physics*. 2013, Volume 58, Number Suppl., 291-297. First East European Radon Symposium - FERAS 2012 September 2nd - 5th, 2012, Cluj-Napoca, Romania Proceedings - selected papers. ISSN 1221-146X. JCR [IF 2013 0, 745].

- **Articole în culegeri naționale**

5. COREȚCHI, L.; FURTUNĂ, D.; COREȚCHI, L.; **VÎRLAN, S.**; CORNESCU, A.; BAHNAREL, I. Efectele medico-biologice ale expunerii la Radon. În: *Sănătate Publică, Economie și Management în Medicină*. 2011, nr. 2, 24-27. ISSN 1729-8687.

6. COREȚCHI, L.; VÎRLAN, S.; COJOCARI, A.; FURTUNĂ, D.; BAHNAREL, I. Monitoringul concentrațiilor de radon pe teritoriul Republicii Moldova. În: Sănătate Publică, Economie și Management în Medicină. 2012, 3 (42), p. 19-23. ISSN 1729-8687.
7. FURTUNĂ, D.; VÎRLAN, S. Date sumare privind controlul calității instalațiilor de radiodiagnostic. În: Sănătate Publică, Economie și Management în Medicină. 2012, 4 (43), p. 166. ISSN 1729-8687.
8. COREȚCHI, L.; BAHNAREL, I.; APOSTOL, I.; VÎRLAN, S. Probleme Actuale Și Tehnologii De Reducere A Impactului Negativ Al Concentrațiilor Avansate De Radon (^{222}Rn) În Mediul Ambient. În: Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. 2012, 4 (36), 181-186. ISSN 1857-0011.
9. BAHNAREL, I.; COREȚCHI, L.; VÎRLAN, S.; FURTUNĂ, D.; COJOCARI, A. Monitoringul concentrațiilor de radon (^{222}Rn) pe teritoriul Republicii Moldova. În: Sănătate Publică, Economie și Management în Medicină. 2012, 4 (43), 165-166. ISSN 1729-8687.
10. VÎRLAN S. Sursele Naturale de Radiații Ionizante și Expunerea Populației Republicii Moldova Riscului Asociat Iradierii. În: Sănătate Publică, Economie și Management în Medicină. 2013, 2 (47), 30-35. ISSN 1729-8687.
11. ROȘCA, A.; COREȚCHI, L.; BAHNAREL, I.; APOSTOL, I.; VÎRLAN, S.; URSULEAN, I. Aspectele implementării programelor de asigurare a calității și a controlului calității în activitatea Radiodiagnosticului medical din Republica Moldova. În: Buletinul Academiei de Științe a Moldovei, Științe medicale. 2013, 5 (41), 184-189. ISSN 1857-0011.
12. VÎRLAN S. Posibilități moderne de măsurare experimentală a principalelor surse naturale de radiații ionizante. În: Sănătate Publică, Economie și Management în Medicină. 2015, 2 (59), p. 25 – 30. ISSN 1729-8687.
13. VÎRLAN S. Rezultate preliminare ale măsurării experimentale a principalelor surse naturale de radiații ionizante În: Sănătate Publică, Economie și Management în medicină, 2016, nr. 5(69), p. 9-14. ISSN 1729-8687.
- **Teze ale comunicărilor la congrese, conferințe, simpozioane culegeri internaționale**
14. COREȚCHI, L.; BAHNAREL, I.; VÎRLAN, S.; FURTUNĂ, D.; CORNESCU, A.; URSULEAN, I.; THOMAS, STREIL. Assessment of geological influence on radon concentration in the Republic of Moldova. In: First East European Radon Symposium. Scientific Programme and Book of Abstracts, Cluj-Napoca, România, September 2-5, 2012, p. 50.
15. URSULEAN, I.; COREȚCHI, L.; CHIRUȚA, IU.; VÎRLAN, S. Estimation of indoor radon concentrations in the air of residential houses and mines in the Republic of Moldova. In: First East European Radon Symposium. Scientific Programme and Book of Abstracts, Cluj-Napoca, România, September 2-5, 2012, p. 36.
16. COREȚCHI, L.; BAHNAREL, I.; VÎRLAN, S.; APOSTOL, I.; URSULEAN, I.; ROȘCA, A.; THOMAS, STREIL. Assessment of radon concentration in the Republic of Moldova. In: Book of abstract. The 6 th Annual International Conference on Sustainable Development Through Nuclear Research and Education, May 22-24, 2013 Pitești, România, Institute for Nuclear Research, p. 67.
17. VÎRLAN, S.; COREȚCHI, L.; ROȘCA, A.; BAHNAREL, I.; APOSTOL, I. and THOMAS, STREIL. Assessment of Radon concentration in the Republic of Moldova. In: Individual monitoring and environmental dosimetry – as important components of the radiation protection culture. Conferința Națională a Societății Române de Radioprotecție, 13 noiembrie, 2013, p. 59.
18. COREȚCHI, L.; VÎRLAN, S. Estimation of indoor radon concentrations in the Republic of Moldova. In: IRPA Congress, 2014, Geneva, Elveția, 2014, p. 78-79. ISBN: 978-973-1795-60-7.
19. COREȚCHI, L.; BAHNAREL, I.; ROȘCA, A.; URSULEAN, I.; PLĂVAN, I.; VÎRLAN, S.; CAPAȚĂNA, A.; COBAN, E. Implementarea în Republica Moldova a cerințelor Directivei 2013/59/EURATOM referitor la concentrațiile de Radon din interior. În: Conferința Națională, Actualități în Radioprotecție: Directiva Consiliului Europei Nr.2013/59/Euratom, București-Otopeni, 2014, p. 68-69. ISBN: 978-973-1795-60-7.

20. COREȚCHI, L.; **VÎRLAN, S.**; PLĂVAN, I. Estimation of indoor radon concentrations in the Republic of Moldova. In: Third International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research. Rad Book of Abstracts, June 8-12 2015, Slovenska Plaza Budva Montenegro www.rad-conference.org, p. 636. ISBN 978-86-80300-00-9.
21. COREȚCHI L., PLĂVAN I., BAHNAREL I., ROȘCA A., **VÎRLAN S.**, ȚÎBÎRNĂ GH. Structura morbidității prin maladii oncologice în Republica Moldova. În: Congresul IV Național de Oncologie. Chișinău, 2015. p. 35. ISSN 1857-4572.
22. COREȚCHI, L.; PLĂVAN, I.; **VIRLAN, S.**; BAHNAREL, I.; STREIL, Th. Control of Public exposure to radon in the Republic of Moldova. Control of public exposure to Radon in the Republic of Moldova. In: Fourth International Conference On Radiation And Applications In Various Fields Of Research, Book of Abstracts: RAD 2016, 23-27 May, Serbia, Nis, p. 503. ISBN: 978-86-6125-160-3.
23. COREȚCHI, L.; BAHNAREL, I.; URSULEAN, I.; APOSTOL, I.; PLĂVAN, I.; COJOCARI, A.; **VÎRLAN, S.** Metodologia monitorizării surselor naturale de radon (^{222}Rn) și evaluarea riscului radiologic pentru populația expusă. Lucrare brevetată (certIFICATE DE AUTOR): Nr. 5478; 07.10.2016. Salonul Internațional al Cerecării, Inovării și Inventicii Pro Invent 22 - 24 martie 2017 - Ediția XV Cluj-Napoca. U.T.Press Cluj-Napoca, 2017, p. 27. ISBN 978-606-737-235-9.
24. COREȚCHI L., BAHNAREL I., URSULEAN I., APOSTOL I., PLĂVAN I., COJOCARI A., **VÎRLAN S.** The methodological monitoring of the natural sources of radon (^{222}Rn) and evaluation of the radiological risk to the exposed population. In: The XXI-th International Salon of Research, Innovation and Technological Transfer, INVENTICA 2017, Iași, 28-30 iunie, 2017, p.213.
25. COREȚCHI L., BAHNAREL I., URSULEAN I., COJOCARI A., PLĂVAN I., **VÎRLAN S.** The monitoring of ionizing radiation sources. In: The XXI-th International Salon of Research, Innovation and Technological Transfer, INVENTICA 2017, Iași, 28-30 iunie, 2017, p. 215.

- **Brevete de invenție**

26. COREȚCHI, L.; BAHNAREL, I.; URSULEAN, I.; COJOCARI, A.; PLĂVAN, I.; **VÎRLAN, S.** Monitorizarea surselor de radiații ionizante. Certificat de înregistrare a obiectelor dreptului de autor și drepturilor conexe. Seria OȘ Nr. 5599 din 13.04.2017

- **Certificat de autor**

27. **VÎRLAN, S.**; COREȚCHI, L.; BAHNAREL, I.; URSULEAN, I.; ROȘCA, A.; APOSTOL, I.; PLĂVAN, I. Metodologia monitorizării surselor naturale de radon (^{222}Rn) și evaluarea riscului radiologic pentru populația expusă. Certificat de înregistrare a obiectelor dreptului de autor și drepturilor conexe. Seria OȘ Nr. 5478 din 01.11.2016.
28. COREȚCHI, L.; BAHNAREL, I.; URSULEAN, I.; COJOCARI, A.; PLĂVAN, I.; **VÎRLAN, S.** Monitorizarea surselor de radiații ionizante. Certificat de înregistrare a obiectelor dreptului de autor și drepturilor conexe. Seria OȘ Nr. 5599 din 13.04.2017.

- **Ghid:**

29. **VÎRLAN, S.**; COREȚCHI, L.; BAHNAREL, I.; URSULEAN, I.; ROȘCA, A.; APOSTOL, I. PLĂVAN, I. Metodologia monitorizării surselor naturale de radon (^{222}Rn) și evaluarea riscului radiologic pentru populația expusă. Ch.: CNSP, 2014. 50 p. ISBN 978-9975-4027-6-7.
30. COREȚCHI L., BAHNAREL I., URSULEAN I., COJOCARI A., PLĂVAN I., **VÎRLAN S.** Metodologia monitorizării surselor de radiații ionizante. Hotărârea medicului-șef sanitar de Stat al Republicii Moldova nr 1 din 25 mai 2017. Ch.: CNSP, 2017. 47 p. ISBN 978-9975-4027-6-7

- **Pliant**

31. COREȚCHI, L.; **VIRLAN S.** Impactul radonului asupra sănătății, Chișinău, 2015.

- **Hotărâre de Guvern:**

32. Hotărârea Guvernului Nr.632 din 24.08.2011 „Cu privire la aprobarea Regulamentului sanitar privind radioprotecția și securitatea radiologică în practicile de radioterapie”. Monitorul Oficial nr.147 din 06.09.11, p. 38

ADNOTARE

Vîrlan Serghei „Estimarea riscului de expunere a populației Republicii Moldova la sursele naturale de radiații ionizante”, teză de doctor în științe medicale, Chișinău, 2018.

Structura tezei: introducere, 4 capitole, concluzii generale, bibliografie din 187 titluri, 118 pagini de text de bază cu 47 figuri, 15 tabele și 9 anexe. Rezultatele sunt publicate în 28 de lucrări științifice.

Cuvinte cheie: radionuclizi naturali și tehnogeni, radon, toron, evaluarea riscului pentru sănătate, monitoringul radioecologic, cancerul bronhopulmonar.

Domeniul de studiu: Igiena.

Scopul lucrării: estimarea igienică a nivelului iradierii populației Republicii Moldova de la sursele naturale de radiații ionizante și elaborarea măsurilor profilactice.

Obiectivele: Cuantificarea concentrațiilor radionuclizilor naturali și tehnogeni în principalele componente ale mediului ambiant; determinarea concentrației de ^{222}Rn în componentele mediului ambiant (sol, aer, apă și materiale de construcție) și în aerul interior al diferitor tipuri de locuințe în arii rurale și urbane ale principalelor Zone ale Republicii Moldova; estimarea riscului mediu anual, asociat iradierii populației Republicii Moldova de la sursele naturale (calcularea dozelor colective și a nivelului de iradiere a populației) și evaluarea morbidității prin cancer bronhopulmonar, asociată iradierii naturale; elaborarea măsurilor complexe de radioprotecție a expunerii populației Republicii Moldova la sursele naturale.

Noutatea științifică și originalitatea lucrării: În premieră a fost efectuată o evaluare complexă a riscului asociat iradierii ionizante de la toate sursele naturale de radiații ionizante în urma estimării cu metode contemporane a nivelului de iradiere a populației Republicii Moldova din zonele de Nord, Centru și Sud, îndeosebi în zonele cu concentrații sporite, care depășesc normele stipulate în actele normative. La finalizarea studiului am argumentat necesitatea elaborării unui nou act normativ național de protecție radiologică a expunerii populației la sursele naturale, cât și elaborarea recomandărilor practice, ce se impun. Am venit cu noi date privind concentrația radonului în diverși factori de mediu: apă, aer, sol, inclusiv efectuarea cartării preliminare a teritoriului Republicii Moldova prin indicarea regiunilor cu risc sporit.

Problema științifică soluționată: Au fost identificate și prioritizate principalele surse naturale de iradiere a populației Republicii Moldova. În baza utilizării metodelor contemporane au fost cuantificate concentrațiile de radon în componentele mediului ambiant: sol, aer, apă, materiale de construcție. A fost calculat și estimat riscul expunerii populației la radiații ionizante: evaluarea dozelor colective și nivelul de iradiere a populației de la toate sursele naturale. Totodată, a fost evidențiat nivelul morbidității prin cancer bronhopulmonar în rândul morbidității generale prin cancer a populației. Au fost elaborate măsuri complexe de radioprotecție la expunerea populației Republicii Moldova la sursele naturale de radiații ionizante.

Semnificația teoretică. Studiul a evidențiat riscul pentru sănătate cauzat de radiațiile ionizante naturale. Cercetările efectuate au permis evidențierea concentrațiilor sporite de radon în aerul interior, concentrațiilor radionuclizilor naturali prezenți în materialele de construcție și a fondului *gama* extern. Rezultatele obținute pot servi ca suport în activitatea pedagogică pentru studenți, rezidenți și doctoranzi.

Valoarea aplicativă a lucrării: Rezultatele obținute vor permite monitorizarea periodică a surselor naturale de ^{222}Rn și evaluarea riscului radiologic pentru populația expusă, vor sta la baza elaborării noului act normativ național de protecție radiologică a expunerii populației la sursele naturale, cât și a recomandărilor metodice cu privire la organizarea supravegherii la etapa repartizării loturilor pentru construcție și măsurilor profilactice pentru locatari. Valorificarea rezultatelor în practica supravegherii sănătății publice prin elaborarea unui program intersectorial de monitorizare a surselor naturale de radiații ionizante, inclusiv a radonului, va contribui la diminuarea morbidității prin cancer bronhopulmonar.

Implementarea rezultatelor științifice: Rezultatele științifice au fost folosite în elaborarea și implementarea metodologiei monitorizării surselor de radon în CSP teritoriale, CNSP și USMF (Hotărârea medicului-șef sanitar de Stat al Republicii Moldova nr. 4 din 01.12.2014; certificat de autor nr 5478 din 07.10.2016). Argumentarea și necesitatea efectuării periodice a cartării concentrațiilor radionuclizilor naturali și tehnogeni și a maladiilor oncologice a fost propusă pentru Ministerului Sănătății, Muncii și Protecției Sociale, Ministerul Agriculturii, Dezvoltării Regionale și Mediului și Agenția Națională de reglementare a Activităților Nucleare și Radiologice.

АННОТАЦИЯ

Вырлан Сергей, «*Оценка риска облучения населения Республики Молдова от природных источников ионизирующего излучения*», диссертация доктора медицинских наук, Кишинэу, 2018. Структура диссертации: Введение, 4 главы, выводы, список литературы из 187 источника, 118 страниц основного текста 47 рис. и 15 табл., приложений – 9. Результаты исследования опубликованы в 28 научных работах.

Ключевые слова: природные и техногенные радионуклиды, радон, торон, оценка риска для здоровья, радиоэкологический мониторинг, рак легкого.

Область исследования: Гигиена.

Цель работы: Гигиеническая оценка уровня облучения населения Республики Молдова от природных источников ионизирующего излучения и разработка профилактических мер.

Задачи: Количественное определение концентрации природных и техногенных радионуклидов в основных компонентах окружающей среды; определение концентрации ^{222}Rn в компонентах окружающей среды (почвы, воздуха, воды, строительных материалов) и воздуха различных типов жилья в сельских и городских местностях основных зон Республики Молдова; оценка среднегодового риска, связанного с облучением населения от природных источников: оценка заболеваемости населения раком легкого от влияния природного излучения; разработка комплексных мер радиационной защиты населения Республики Молдова от воздействия природных источников ионизирующего облучения.

Научная новизна и оригинальность работы: Впервые была осуществлена комплексная оценка риска связанного с облучением от всех природных источников ионизирующего излучения за основу было взято проведение всестороннего исследования с помощью современных методов оценки уровня облучения населения Республики Молдова северной, центральной и южной зон, в особенности в зонах с повышенными концентрациями, концентрациями которые превышают значения установленные в нормативных документах. В завершении исследования была доказана необходимость разработки нового национального нормативного документа по радиационной защите населения от облучения от природных источников, а также разработка необходимых практических рекомендаций. Были установлены новые значения концентрации радона в различных компонентах окружающей среды: вода, воздух, почва; включая предварительное картирование территории Республики Молдова с указанием зон повышенного риска.

Научная проблема: Были выявлены основные источники природного облучения населения Республики Молдова. На основании использования современных методик были установлены сконцентрации радона в компонентах окружающей среды: почва, воздух, вода и строительные материалы. Был вычислен и оценен риск облучения населения ионизирующими источниками: оценка коллективных доз и уровень облучения населения от всех природных источников. В тоже время был выявлен уровень смертности от рака легких в процентном соотношении от общего количества смертности от рака населения. Были разработаны комплексные меры радиационной защиты при облучении населения Республики Молдова от природных источников ионизирующего излучения

Теоретическая значимость. Исследование выявило риск для здоровья, вызванный природными ионизирующими излучениями. Проведенные исследования позволили выявить повышенное содержание радона внутри помещения, концентрации природных источников присутствующих в строительных материалах и внешнего гамма фона. Полученные результаты могут служить основой в педагогической деятельности для студентов, резидентов и докторантов.

Прикладное значение: Полученные результаты позволят периодический мониторинг природных источников ^{222}Rn и оценку радиологического риска для облучаемого населения, станут основой разработки национального нормативного документа по радиационной защите для населения, а также методические рекомендации по организации надзора на этапе распределения земельных участков и профилактических мер для жильцов. Практическое внедрение результатов надзора над общественным здоровьем путем разработки программы мониторинга природных источников ионизирующего излучения, включая радон, приведет к уменьшению смертности от рака легких.

Внедрение научных результатов: Научные результаты были использованы для разработки и внедрения методологии мониторинга источника радона в территориальных ЦОЗ, НЦОЗ, ГУМФ (акт внедрения 4/08 от 08.12.2014; акт внедрения № 12/09.05.1971 от 18.05.2017; акт внедрения № 01-486 от 18.05.2017; сертификат авторское право № 5379 от 09.09.2016). Аргументация и необходимость периодического осуществления картирования концентрации природных и техногенных радионуклидов, и онкологических заболеваний было представлено Министерству Здравоохранения, Охраны Труда и Социальной Защиты, Министерству Сельского Хозяйства, Регионального Развития и Окружающей Среды и Национальному Агентству по Регулированию Ядерной и Радиологической Деятельности.

SUMMARY

Vîrlan Serghei, "**Risk assessment of exposure to natural sources of ionizing radiation among the population of the Republic of Moldova**", PhD thesis in Medical Sciences, Chisinau, 2018.

Structure of the thesis: introduction, 4 chapters, general conclusions, bibliography of 187 references, 118 pages of basic text with 47 figures and 15 tables, 9 attachments. The results are published in 28 scientific papers.

Keywords: natural and anthropogenic radionuclides, radon, thoron, health risk assessment, radio ecologic monitoring, cancer lung.

Field of study: Hygiene.

The purpose of the study: hygienic assessment of radiation levels from natural sources of ionizing radiation among the population of the Republic of Moldova and preventive measures development.

Objectives: quantifying of natural and technogenic radionuclides concentration in the main components of the environment; determining of ^{222}Rn concentrations in the environment mediums (soil, air, water and construction materials) and in the indoor air of different types of housings in the main rural and urban areas in the Republic of Moldova; assessment of the average annual risk associated with radiation from natural sources among the population; collective dose calculation and the level of population irradiation; evaluation of lung cancer morbidity associated with natural irradiation among the population of Moldova; developing complex measures of radiological protection of public from exposure to natural sources.

Scientific novelty and originality of the work: For the first time there was conducted a complex assessment of the risks associated with ionizing radiation from all natural sources following modern methods of measuring the level of irradiation among the population in the North, Center and South of the Republic of Moldova, especially in zones with high concentrations that exceed legally stipulated norms. At the end of the study I argue for the need to develop a new national normative act for protection of population from exposure to natural sources of radiation, as well as developing practical measures. I offered new data concerning the concentration of radon in different mediums: water, air, soil, including the preliminary mapping of the territory of the Republic of Moldova by indicating regions with increased risk.

Scientific problem: The main natural sources of irradiation among the population of the Republic of Moldova were identified and prioritized. Based on modern methods concentrations of radon in the environment—soil, air, water, construction materials—were quantified. The risk of exposure to ionizing radiation was calculated and assessed: an assessment of collective doses and the level of irradiation of population from all natural sources was performed. At the same time, the level of mortality following bronchopulmonary cancer was highlighted in the context of general cancer-related mortality among the population. Complex measures were developed to protect the population of the Republic of Moldova from exposure to ionizing radiation of natural sources.

The theoretical significance: The study revealed the risk to health caused by naturally occurring ionizing radiation. Research highlighted the increased concentrations of radon in indoors air, concentrations of natural radionuclides in construction materials and the external *gamma* background. The findings can serve as educational support for students, residents and doctorate students.

The applied value of the thesis: The results obtained will allow for regular monitoring of natural sources of ^{222}Rn and an assessment of the radiologic risk to the exposed population. It will be the basis of the development of a new national normative act for protection of population from exposure to natural sources of radiation, as well as methodology recommendations concerning surveillance at the stage of distribution of construction plots and prophylaxis measures for inhabitants. The use of these results in the practice of public health surveillance through the development of an inter-sector program for monitoring natural sources of ionizing radiation, including radon, will contribute to reduced mortality of bronchopulmonary cancer.

Implementation of scientific results: The scientific results were used in the development and implementation of the methodology of monitoring or radon in local and central public health centers, as well as the State University of Medicine and Pharmaceutics (Decision of the Chief State Physician of the Republic of Moldova nr. 4 of 01.12.2014; copyright nr 5478 of 07.10.2016). Rationale and need of regular mapping of concentrations of natural and tenchogenic radionuclides and cancerous ailments was proposed to the Ministry of Health, Labor and Social Protection; Ministry of Agriculture, Regional Development and Environment; and National Agency for Regulation of Nuclear and Radiological Activities.

Lista abrevierilor

^{137}Cs – Cesium

^{220}Rn – Radon

^{222}Rn – Thoron

^{232}Th – Thorium

^{90}Sr – Strontium

AIEA – Agenția Internațională pentru Energie Atomică

ANRANR – Agenția Națională de Reglementare a Activităților Nucleare și Radiologice

BDL – below detective level

CIPR – Comisia Internațională pentru Protecție Radiologică

CMEAE – Concentrația medie echivalentă anuală de echilibru

CNSP – Centrul Național de Sănătate Publică

CRP – Centrul de Radioprotecție

CSP – Centrul de Sănătate Publică

CȘNU – Comitetul Științific al Națiunilor Unite

FERAS – First East European Radon Symposium

IP USMF – Instituția Publică Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu”

MADRM – Ministerul Agriculturii, Dezvoltării Regionale și Mediului

MSMPS – Ministerul Sănătății, Muncii și Protecției Sociale

NFRP – Normele Fundamentale de radioprotecție

NORM – Naturally Occurring Radioactive Materials, Materiale radioactive naturale

OMS – Organizația Mondială a Sănătății

PA – pressure

r. – raion

SI – Sistemul Internațional

SRR – Societatea Română de Radioprotecție

SSSSP – Serviciul de Supraveghere de Stat al Sănătății Publice

TENORM – Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials

UNDP – United Nations Development Programme

UNICEF – The United Nations Children's Fund

UPGMA – Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean

VÎRLAN SERGHEI

**ESTIMAREA RISCULUI DE EXPUNERE A POPULAȚIEI REPUBLICII
MOLDOVA LA SURSELE NATURALE DE RADIAȚII IONIZANTE**

331.02 – IGIENĂ

Autoreferatul tezei de doctor în științe medicale

Aprobat spre tipar: 11.06. 2018

Hârtie ofset

Coli de tipar: 2.00

Formatul hârtiei A4

Tipar digital. Tiraj 60 ex.

Comanda nr. 47

Tipografia "PRINT-CARO",
str. Astronom Nicolae Donici 14, mun. Chișinău, MD-2049
Tel. 022 85-33-86