

POSIBILITĂȚI MODERNE
DE MĂSURARE EXPERIMENTALĂ
A PRINCIPALELOR SURSE NATURALE
DE RADIĂȚII IONIZANTE

Serghei VÎRLAN,
Centrul Național de Sănătate Publică

Summary

Modern opportunities of experimental measurement of the main natural sources of ionizing radiation

This article describes priority health risks caused by low intensity harmful environmental factors (natural sources of ionizing radiation) and experimental methodology of their measurement. Thus the basic purpose of this article is to inform the scientists of Republic of Moldova about environmental risk factors especially within the dwellings, which could influence the health and what are the experimental measurement methods for their continuous monitoring.

This article summarizes the current knowledge of the instrumental and laboratory methodology for measuring the natural sources of ionizing radiations: natural radionuclides (^{232}Th , ^{226}Ra and ^{40}K) in building materials, food, drinking water etc.; radon concentrations and its short-lived descendants (^{220}Rn , ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi and ^{214}Po) in indoor air at homes and work places; external gamma background with $\alpha + \beta$ natural radiation detection.

Knowledge and application of the experimental methods of measuring the ionizing radiation from natural sources is a priority of the public health.

Keywords: natural sources of radiation, irradiation, risk, disintegration, radionuclide, descendants, radiation protection measurements

Резюме

Современные методы экспериментального измерения основных природных источников ионизирующего излучения

Эта статья описывает приоритетные риски для здоровья, вызванные низкоинтенсивными вредными факторами окружающей среды (природные источники ионизирующего излучения), и экспериментальную методологию их измерения. Таким образом, основной целью этой статьи является информирование научных работников Республики Молдова о факторах риска окружающей среды, особенно внутри жилых помещений, которые могут повлиять на здоровье, и о методах их экспериментального измерения для непрерывного мониторинга. Статья обобщает текущее состояние знаний в области методологии проведения и измерения инструментальных и лабораторных природных источников ионизирующего излучения: природные радионуклиды (^{232}Th , ^{226}Ra , și ^{40}K) в строительных материалах, продуктах питания, питьевой воде и т.д.; концентрации радона и его дочерних продуктов распада (^{220}Rn , ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , și ^{214}Po) в воздухе внутри помещений или на рабочем месте; внешнего гамма-фона с обнаружением $\alpha + \beta$ природного излучения. Знание и применение экспериментальных методов измерения ионизирующих излучений от природных источников являются приоритетами общественного здравоохранения.

Ключевые слова: природные источники облучения, облучение, риск, дезинтеграция, радионуклид, продукты распада, радиационная защита, измерения

Introducere

În prezent, monitorizarea situației radiologice în Republica Moldova are un scop specific, orientat, în special, spre supravegherea și reducerea și/sau eliminarea riscurilor ce ar putea afecta starea de sănătate a populației.

Supravegherea radiologică se efectuează prin monitorizarea obiectivelor cu risc de expunere la acțiunea radiațiilor ionizante, îndeosebi la sursele naturale, care capătă contur în ultimul timp. Actualmente, pe mapamond sunt efectuate studii privind expunerea populației la acțiunea surselor naturale, în particular la radon [1, 2, 17].

Evaluarea riscului cauzat de factorii nocivi de intensitate joasă ai mediului, cum ar fi radiația ionizantă, reprezintă o problemă științifico-practică majoră, cu necesitatea elaborării unui sistem optim de monitorizare igienico-radiologică permanentă a concentrațiilor radionuclizilor din mediul ambiant: produse alimentare, apă potabilă, materiale de construcție, fondul radioactiv și aerul de interior, cu stabilirea indicatorilor caracteristici pentru Republica Moldova. De asemenea, este necesară cuantificarea periodică a riscului asociat iradierii populației RM în baza evaluării dozei colective, condiționate de acțiunea surselor naturale de radiații ionizante.

Material și metode

În prezent, la efectuarea măsurărilor concentrațiilor de radon și ale descendenților săi de viață scurtă (^{220}Rn , ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , și ^{214}Po) în diferiți factori de mediu este utilizat dispozitivul german, radonometrul RTM 1688-2. Acesta dispune de mecanismul de pompare a aerului în regim continuu, prin intermediul unei pompe încorporate, care activează într-un regim de activitate de 30 de minute, cu un interval de măsurare de 5-9 ore pentru un punct de efectuare a măsurărilor de determinare a concentrației de radon (figura 1). Concentrația radonului (^{222}Rn) și descendenților săi de viață scurtă

este măsurată cu ajutorul aparatului, al senzorilor specifici (sensibili la radiația alfa) prin analiza cantitativă a produșilor de dezintegrare de viață scurtă, în camera de ionizare.

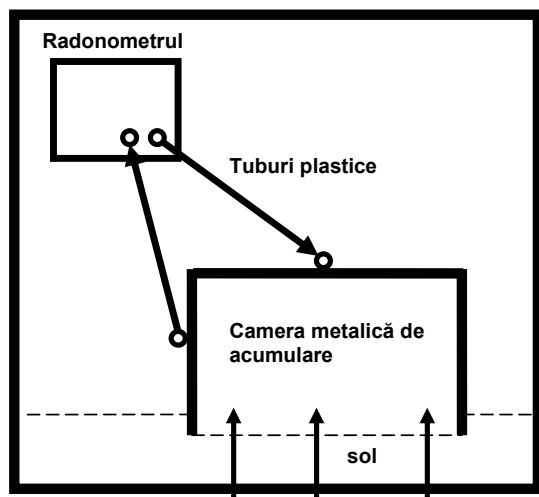


Figura 1. Schema sistemului de măsurare a concentrației de radon la exalarea din sol

Imediat după dezintegrare, nucleul rezultat – poloniul (^{218}Po) – pentru o perioadă scurtă de timp capătă o sarcină pozitivă, deoarece unii dintre electroni sunt eliberați în timpul de emisie a particulelor alfa. Acești ioni încărcăți pozitiv sub influența câmpului electric se acumulează pe suprafața unui senzor cu semiconductori. Numărul ionilor de ^{218}Po colectați este proporțional cu concentrația de radon în aerul din interiorul camerei de măsurare. Cu toate acestea, ^{218}Po este, de asemenea, un izotop instabil, cu un timp de înjumătățire de 3,5 minute, iar senzorul poate înregistra doar aproximativ jumătate din particulele emise în urma dezintegrării, ce sunt îndreptate spre suprafața lui. Relația dintre dezintegrările de radon înregistrate și ^{218}Po poate fi determinată după aproximativ 5 cicluri de semiînjumătățire (după aproximativ 15 minute), care este un interval minim recomandat de măsurare a concentrației de radon.

Lanțul dezintegrărilor îl continuă plumbul (^{214}Pb), bismutul (^{214}Bi) beta particule și poloniul (^{214}Po) particule alfa. Aceasta înseamnă că fiecare dezintegrare a poloniului ^{218}Po provoacă în continuare încă o dezintegrare detectabilă de poloniu ^{214}Po , care apare cu o întârziere de aproximativ 3 ore, determinată de perioada de semiînjumătățire a acestor radionuclizi. Energia eliberată în rezultatul dezintegrării ^{218}Po și ^{214}Po este diferită, ceea ce permite să fie analizați acești nuclizi prin intermediul alfa-spectroscopiei.

Radonometrul RTM 1688-2 are două regimuri de măsurare a concentrației de radon: *lent* (Slow), ce ia în calcul nu doar dezintegrarea ^{218}Po și a ^{214}Po , și *rapid* (Fast), care înregistrează doar dezintegrarea ^{218}Po .

Avantajul modului rapid este o reflectare operativă a fluctuațiilor concentrației, în timp ce modul lent are o sensibilitate de 2 ori mai mare, care, la rândul său, în funcție de numărul de dezintegrări detectate, reduce marja de eroare statistică de măsurare. Pentru măsurarea concentrației de radon în diferiți factori de mediu, îndeosebi în aerul de interior, a fost aplicat același regim de activitate a aparatului în toate punctele de măsurare, cu un regim de activitate de 30 de minute, cu modul continuu de pompare a aerului de către pompa interioară.

Modul efectuării măsurărilor concentrației de radon diferă în funcție de factorul de mediu cercetat. Astfel, măsurarea concentrației sau a fluxului de radon din sol constă în înlăturarea atât a vegetațiilor, cât și a diferitelor bariere posibile, ce ar putea influența exalarea radonului din sol și acumularea lui în camera metalică, care se amplasează pe suprafața solului și se etanșează cât mai bine posibil. Camera metalică este proiectată ermetic, conexiunea cu aparatul făcându-se prin intermediul a două tuburi, unul de ieșire și altul de intrare, pentru a crea un circuit închis. Astfel, aparatul pompează aerul cu conținut de radon exalat din sol, care se acumulează în camera metalică. Pentru o asigurare mai bună a etanșietății camerei metalice de la suprafața rocii cercetate, pe perimetrul acestei camere se săpă un șanț, astfel ca marginea camerei să fie în sol (figura 2).

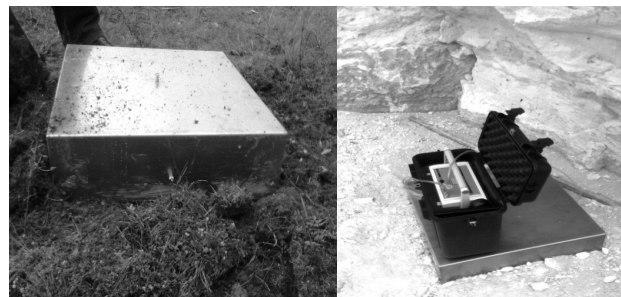


Figura 2. Amplasarea camerei metalice și efectuarea măsurărilor concentrației de radon la exalarea din sol

Operatorul trebuie să aleagă modul de determinare a concentrației, bazat pe obiectivele și condițiile de studiu. Dezintegrarea radioactivă este un proces statistic, ceea ce înseamnă că, chiar dacă concentrația de radon va fi constantă în timp, numărul de dezintegrări detectate N va varia. Valoarea N va varia în intervalul apropiat de valoarea medie într-o serie de măsurări. Cu un număr infinit de măsurări în serie, se poate obține valoarea medie „adevărată” a numărului N . În același timp, la o singură măsurare efectuată, valoarea N va fi fie mai sus, fie mai jos de valoarea „adevărată”. Abaterea observată este descrisă prin termenul „marjă de eroare statistică”.

Astfel, rezultatul oricărei măsurări, pe lângă valoarea concentrației de radon, ar trebui să includă

o descriere a erorii în intervalul dat de încredere. Intervalele de încredere utilizate în mod obișnuit – 1, 2 sau 3 sigma (σ) – corespund cu fiabilitatea de 68,3%; 95,45% și 99,73%.

Calcularea marjei de eroare relativă statistic de formula:

$$E [\%] = 100 \% \cdot k \cdot \frac{\sqrt{N}}{N} E$$

pentru un interval de încredere dat de k – sigma, se poate realiza în baza numărului de impulsuri N numărate.

Este evident că, cu cât numărul de impulsuri înregistrate va fi mai mare, cu atât va fi mai mare precizia de măsurare. Totodată, poate fi pusă întrebarea: câte impulsuri trebuie să fie înregistrate pentru o marjă de eroare concretă? Numărul de impulsuri înregistrate depinde de doi factori – *sensibilitatea și durata perioadei de măsurare* (intervalul de măsurare).

Raportul dintre concentrația de radon măsurată C_{Rn} și numărul de impulsuri N în intervalul de măsurare T este dat de următoarea formulă:

$$C_{Rn} = \frac{N}{T \cdot S}$$

unde: S – sensibilitatea dispozitivului [impulsuri / (min*kBq/m³)].

Sensibilitatea dispozitivului în regim *Slow* este de 2 ori mai mare în raport cu cel *Fast*, de aceea, în cazul în care intervalul de măsurare depășește 2 ore, este preferabil regimul *Slow*. Pentru regimul *Slow* sensibilitatea dispozitivului este de 8 impulsuri / (min*kBq/m³), iar pentru regimul *Fast* – 4 impulsuri / (min*kBq/m³).

Dacă o marjă de eroare de 10% la 1 σ necesită 100 impulsuri (100% * 1 * $\sqrt{(100) / 100} = 10\%$), la utilizarea regimului *Fast* intervalul de măsurare T se stabilește în felul următor:

$$T(\text{fast}) = \frac{N}{C_{Rn} \cdot S} = \frac{100 \text{ imp}}{0.2 \text{ kBq} / \text{m}^3 \cdot 4 \text{ imp} / (\text{min} \cdot \text{kBq} / \text{m}^3)} = 125 \text{ min}$$

Când intervalul rezultat depășește 2 ore, se trece la regimul *Slow*, care va da ca rezultat o exactitate mai mare la măsurare. Stabilind intervalul măsurării de 120 min, aflăm marja de eroare statistică în regimul *Slow*:

$$N(\text{slow}) = C_{Rn} \cdot T \cdot S = 0.2 \text{ kBq} / \text{m}^3 \cdot 120 \text{ min} \cdot 8 \text{ imp} / (\text{min} \cdot \text{Bq} / \text{m}^3) = 192 \text{ impulsuri}$$

$$E(1\sigma) = 100 \% \cdot 1 \cdot \frac{\sqrt{N}}{N} = 100 \% \cdot 1 \cdot \frac{\sqrt{192 \text{ imp}}}{192 \text{ imp}} = 7.22 \%$$

Termenul „prag de detectare” semnifică concentrația minimă de radon, ce impune efectuarea măsurărilor diferite de „0” la radonometru într-un anumit interval de măsurare. Ținând seama de caracterul statistic al dezintegrării radioactive, calculele trebuie făcute astfel încât să se țină cont de intervalul de încredere adecvat. În cazul în care intervalul de măsurare este prea mic, iar concentrația de radon este neglijabilă, este de așteptat ca numărul de impulsuri înregistrate să fie mai mic sau egal cu „1”.

În virtutea influenței marjei de eroare statistică, în multe intervale de măsurare pot fi cazuri fără detectarea măcar a unui singur impuls, ceea ce poate provoca denaturări semnificative ale rezultatelor imediat ulterioare ale valorilor dintr-o serie de măsurări.

La valori scăzute ale concentrației de radon, în cazul în care numărul de impulsuri pe intervalul de măsurare este mai mic de 16, la determinarea numărului necesar de impulsuri pentru a depăși pragul de detecție se utilizează distribuția Poisson (vezi tabelul).

Distribuția punctelor de măsurare după Poisson

Intervalul de încredere	Numărul minim necesar de impulsuri N , la pragul de detecție
63,2 %	1
95,0 %	3
99,75 %	6

Pentru efectuarea măsurărilor sistematice de radon, este necesară monitorizarea de lungă durată în cele trei zone de studiu ale Republicii Moldova (Centru, Nord, Sud). La suprafața de testare (la exhalarea din sol) sunt marcate 12 puncte de referință din cinci în cinci metri (figura 3).

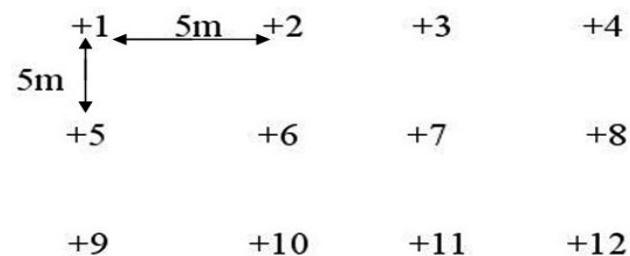


Figura 3. Amplasarea punctelor de măsurare a radonului pe terenul adiacent locuinței

O analizare mai detaliată a datelor ne permite verificarea posibilelor influențe ale variației temporale și spațiale, precum și a influenței condițiilor meteo asupra concentrației de radon. Valorile concentrației de radon la exhalarea din sol, măsurate în cele trei zone ale țării, au variat în funcție de tipul de rocă predominant. Chiar dacă condițiile geologice în aria de interes sunt omogene, ne putem aștepta la diferențe de până la 20% în rezultatele măsurărilor din timpul intercomparării.

Există însă și metode cu o precizie înaltă, cum ar fi metoda pasivă de determinare a concentrației de radon și toron din aerul de interior (în locuințe). Această metodă este pe larg utilizată în întreaga lume și constă în amplasarea la locul efectuării măsurărilor a detectoarelor de urme din corp solid pentru o perioadă de 3 luni – 1 an. Acești detectori și sistemul pentru procesarea lor sunt alcătuite din unitate de dezvoltare, microscop optic și calculator cu software adecvat pentru citirea urmelor și pre-

lucrarea lor statistică. Distribuirea detectoarelor și procesarea datelor se realizează în conformitate cu protocolul de măsurări elaborat de autorități în acest scop. Detectorul de radon constă dintr-un film subțire din material plastic sensibil la activitatea radonului, amplasat sub capacul unei camere de difuzie cilindrice de forma unei cutii de medicamente.

Detectoarele se expun pentru o perioadă de minim 3 luni în camerele locuibile ale clădirilor în care se dorește monitorizarea, la o înălțime de 1-1,5 m de podea, 2 detectori/cameră și la o distanță de aproximativ 80 cm de perete. În paralel, pentru măsurările de fond, se utilizează 1-2 detectoare. După finalizarea expunerii, se realizează prelevarea detectoarelor, ambalarea corectă (într-un plic cu filtru antiradon) și transportarea în siguranță (stocarea într-un alt spațiu poate afecta acuratețea măsurărilor) la laborator pentru procesare și analizare.

În incinta laboratorului, detectorul se detașează de pe capacul cutiei în scopul dezvoltării și analizării. Procesul de dezvoltare chimică constă în tratarea detectoarelor cu o soluție de NaOH de concentrație 6,25 molar, la o temperatură de 90°C timp de 4,5 h. După neutralizare și uscare, se efectuează citirea automată, cu ajutorul echipamentului de citire, prin numărarea urmelor imprimate de particulele alfa pe suprafața filmului din plastic. Un software specific, relaționat cu microscopul optic este utilizat pentru a converti, pe baza unui factor de calibrare, numărul măsurat de urme/mm² în concentrația de radon exprimată în Bq/m³ [11, 12, 13].

Pentru efectuarea măsurărilor concentrației de radon în aerul de interior putem utiliza metodele pasivă sau activă de determinare. Actualmente este aplicată metoda activă de determinare a concentrației de radon cu ajutorul radonometrului *RTM 1688-2*, în regim de pompă continuă a aerului din interiorul locuinței. În cadrul studiului inițiat au fost efectuate mai multe măsurări ale concentrațiilor de radon în aerul din încăperi (locative și de producere), în probe de apă potabilă din surse de profunzime și la exalarea din sol din diferite teritorii ale republicii. Rezultatele măsurărilor sunt înregistrate într-o bază de date într-un tabel, în care sunt incluse data și anul, locul efectuării măsurărilor și parametrii de mediu sau factorii fizici, durata efectuării măsurărilor și numărul lor, regimul de lucru al aparatului, rezultatele măsurărilor privind concentrațiile de radon (Bq/m³) și executorii măsurărilor efectuate.

În cadrul studiului au fost efectuate 527 de măsurări ale concentrațiilor de radon în aerul interior al diferitor tipuri de încăperi amplasate la diferite nivele de substrat: spațiu locativ atât în case individuale și de tip bloc la parter (dormitoare și bucătării), cât și la demisol (birouri, depozite). Au fost depistate valori

ale concentrației de radon din aerul interior, care au depășit, în unele cazuri, cu mult valorile recomandate de Normele Fundamentale de Radioprotecție. Cerințe și Reguli igienice (NFRP 2000) [17]. Pentru măsurările concentrației de radon are predilecție concentrația de radon la suprafața solului sau fluxul de radon, care poate prezice radonul în interiorul locuințelor și/sau prezența unor falii tectonice (fisuri tectonice). În ultimul timp s-a luat în considerare și se experimentează posibilitatea prevederii cutremurelor de pământ cu epicentre localizate pe baza determinării variațiilor temporale ale fluxului de radon și a concentrației de radon din sol și din apele de adâncime.

Investigarea fondului natural și a radionuclizilor naturali în componentele mediului ambiant (produse alimentare, apă potabilă, materiale de construcție etc.) se efectuează în laboratoarele ce dispun de echipament specializat: radiometru *ESM FH 40 G-L* (Germania), complex beta-gama spectrometric cu program computerizat, *Progress – 2000* (Federația Rusă).

Complexul beta-gama spectrometric 2000, destinat măsurărilor activității radionuclizilor, este folosit în laboratoarele industriei nucleare și de producere radiochimică, la punctele de control vamal, în serviciile de monitorizare a mediului, în scopuri sanitare de supraveghere și monitorizare în SSSSP. Complexul include calculatorul cu circuitele de măsurare, un analizor de amplitudine (senzor), bazat pe un convertor analog-digital (ADC) spectrometric, și un software de gestionare a tuturor regimurilor de măsurare, prelucrare și înregistrare a rezultatelor. În acest aspect, activitatea unui radionuclid în probele investigate este determinată prin tratarea nivelului spectrului din spectrogramă, pe un monitor al PC cu ajutorul programului software *Progress – 2000*. Acest pachet software ne permite să controlăm funcționalitatea fiecărui canal de măsurare, să analizăm spectrograma și să identificăm radionuclizii și activitatea lor în probele investigate în eșantion, după care se calculează marja erorilor de măsurare și măsurările de activitate conform jurnalului. Algoritmii utilizați în cadrul programului sunt aprobați prin standardul de stat al producătorului, ținându-se cont și de cerințele internaționale și/sau regiunile de utilizare, pentru a putea fi folosiți cu succes în laboratoarele de supraveghere și control al diverselor surse de radiații ionizante din teritoriul supravegheat al utilizatorilor (țară, regiune).

Programul computerizat *Progres* poate fi integrat în orice program modern, cu un editor de text sau baze de date. Pentru a descrie și/sau a reda un program spectrometric, nu sunt necesare cadre profesionale (programiști), ci doar de cunoaștere

suficientă a sistemului operațional de bază. Sistemul este simplificat astfel încât să permită oricărui utilizator să analizeze spectrele pentru redarea rezultatelor finale.

Pentru procesarea spectrelor sunt folosite atât metode clasice, cât și originale, bazate pe minimizarea incertitudinii de măsurare, ce permite folosirea detectoarelor cu rezoluție redusă pentru investigarea și procesarea în strat subțire și procesarea spectrelor alfa și beta în strat gros. Programul computerizat *Progres* este prevăzut și capabil să funcționeze concomitent pe două canale: gama și beta.

Programul *Progres*, într-un anumit interval de timp determinat, repetă automat prelucrarea și procesarea activității spectrului, astfel utilizatorului îi revine funcția de a urmări doar cum se micșorează pe parcursul timpului incertitudinea rezultatelor măsurărilor efectuate. Toate acțiunile utilizatorilor, spectrele măsurate și rezultatele sunt stocate automat în registrul de lucru – baza de date existentă prin intermediul softului (*Microsoft Access*).

Pentru a reprezenta rezultatele stocate în registrul de lucru, sunt utilizate diferite protocoale. De regulă, raportul (protocolul) reflectă cerințele unui oarecare document normativ de reglementare pentru obținerea și analiza rezultatelor. Fiecare protocol este un model potrivit caruia se realizează selectarea rezultatelor din baza de date, media acestora fiind analizată și comparată cu standardele existente. Ca urmare, protocolul generează un document care este plasat într-un editor de text *Microsoft Word* pentru editare și imprimare [14, 15, 16].

Pentru determinarea și monitorizarea fondului radioactiv gama extern utilizăm radiometrul *FH 40 G*, care reprezintă un echipament portabil multifuncțional pentru detectarea radiațiilor naturale $\alpha + \beta$. Este un aparat digital cu o gamă largă de posibilități de evaluare a radioprotecției, disponibil de a măsura toate situațiile care apar în domeniul radioprotecției în contaminarea alfa și beta, detectând și radiațiile gama artificiale în limita variabilei de detecție a radiațiilor naturale. Dispozitivul este rezistent la factorii de mediu (temperaturi înalte și/sau scăzute, apă, etc.), se manevrează foarte simplu și are un sistem metric multifuncțional util pentru monitorizare. Valorile măsurate sunt afișate pe un display LCD, cu iluminare din spate. Dozimetrul este dotat cu detectoare externe de monitorizare a factorilor de mediu și cu aplicații pentru utilizarea la distanță [18].

Rezultate și discuții

Conform unor studii recente efectuate în Cehia, Franța, Italia, Marea Britanie, Olanda etc., problema

iradierei populației de la sursele naturale, în special de la radon în aerul de interior al locuințelor, locurilor de muncă, școlilor și grădinițelor, este una prioritară [3, 4].

Cercetările au demonstrat însă că concentrațiile de radon într-o încăpere ventilată în mod corespunzător (0,5 h) vor fi mai mici de 100 Bq/m³ (Becquerel/metru cub), valoare recomandată ca nivel de referință de către Organizația Mondială a Sănătății [5].

Este știut faptul că radonul a fost identificat ca fiind a doua cauză de dezvoltare a cancerului bronhopulmonar după fumat. Informațiile privind concentrațiile de radon din interior sunt necesare pentru a evalua posibilitatea apariției și gravitatea cancerului bronhopulmonar ca urmare a expunerii la radon. Deoarece radonul din roci și soluri trece prin fisurile fundamentului în aerul de interior al locuințelor, se poate presupune că măsurările concentrațiilor de radon provenite din sol și de la suprafața lui pot fi folosite atât pentru a estima variațiile potențialului de radon din mediul interior, cât și pentru asocierile dintre interior și potențialul de radon din sol, în vederea elaborării unei hărți cu indicarea zonelor cu risc major de expunere la radon [6].

Populația este expusă continuu la niveluri diminuate de radiații ionizante de origine terestră, cosmică, de diagnostic și tratament medical, radon și descendenții săi, produse alimentare și materiale de construcție, îndeosebi de finisare. Informațiile complexe privind emisiile de radiații și dozele asociate acestora, provenite din materialele naturale de finisare a construcțiilor, sunt limitate.

Datele epidemiologice acceptate și datele studiilor experimentale de mutagenză în culturi celulare și pe animale de laborator, efectuate în întreaga lume, ne demonstrează că expunerea la radon prezintă mai mult de 50% din doza anuală efectivă de radioactivitate naturală și că el este agentul cancerigen uman pentru epiteliul bronhopulmonar. Numeroase cercetări citogenetice în vitro demonstrează că radionuclizii de diferite tipuri provoacă deteriorări genetice și citogenetice care joacă un rol important în geneza cancerului bronhopulmonar [19].

În prezent, necesitatea cunoașterii nivelurilor globale de expunere a populației la acțiunea surselor naturale de radiații ionizante, cu monitorizarea continuă și reevaluarea periodică a acestora (la fiecare zece ani), rezumă din existența problemei de sănătate publică. Conform datelor statistice oficiale, anual în lume din cauza cancerului pulmonar decedează peste 1,3 milioane de pacienți. De aceea este necesară cunoașterea acțiunii radonului asupra organismului uman și monitorizarea nivelului lui în aerul interior al locuințelor, școlilor, grădinițelor și la locurile de muncă cu un risc potențial crescut și adap-

țarea la cerințele normelor naționale și internaționale pentru protecția populației și a expușilor profesional, ceea ce reprezintă o necesitate și o prioritate pentru sănătatea publică [7-10].

Societatea, în dezvoltarea sa în ansamblu, se confruntă mereu cu un șir de factori noi, care manifestă un potențial impact negativ asupra sănătății, factorii ce impun necesitatea supravegherii, monitorizării și acțiuni de intervenții complexe. Pentru măsurarea surselor naturale de radiații ionizante în diferiți factori de mediu sunt utilizate, de sine stătător și în combinație cu altele, metode de laborator, dispozitive și aparatură specifică: de investigații igienice, instrumentale și de laborator, epidemiologică, precum și metode statistice.

Concluzii

1. Metodele moderne de măsurare permit investigarea cu destulă exactitate a principalelor surse naturale de radiații ionizante.

2. Prin investigații experimentale pot fi apreciate principalele surse de iradiere naturală a populației.

3. Rezultatele investigațiilor surselor naturale de radiații, în special ale radonului, pot servi la cartografierea teritoriului Republicii Moldova, la evaluarea nivelului iradierii populației de la sursele naturale și la a riscului asociat iradierii naturale în general, precum și a riscului prin cancer bronhopulmonar asociat radonului.

4. Măsurările, investigațiile și evaluările permit în final aprecierea pericolului real indus de acești factori de risc și elaborarea măsurilor adecvate de protecție.

Bibliografie

1. Bahnarel I., Corețchi L., Chiruța I. și alții. *Evaluarea riscului expunerii la radon în condițiile Republicii Moldova*. În: Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științe Medicale. Chișinău, 2007, nr. 4(13), p. 317-324.
2. Opopol N., Bahnarel I., Corobov R. *The Necessity to Create the Health Warning System*. În: Curierul Medical, Chișinău, 2007, nr. 2(296), p. 77-81.
3. Pantea V., Opopol N., Bahnarel I. și alții. *Sănătatea în relație cu mediul de existență*. Chișinău, 2007, 84 p.
4. Corețchi L., Bahnarel I., Corețchi L., Cornescu A., Streil Thomas. *Radon mapping strategy in the Republic of Moldova*. În: Third European Congress of the International Radiation Protection Association, 2010, p. 50.
5. 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.
6. Chen J. et. al. *Radiation Protection Dosimetry*, 2012, vol. 151(1), p. 172-174.
7. Corețchi L., Furtuna D., Corețchi L., Vîrlan S., Cornescu A., Bahnarel I. *Efectele medico-biologice ale expunerii la radon*. În: Sănătate Publică și Management, 2011, vol. 1(36), p. 24.

8. García-Talavera M. et. al. *Natural ionizing radiation exposure of the Spanish population*. În: Radiation Protection Dosimetry, 2007, vol. 124(4), p. 353-359.
9. Quindós L.S. et. al. *Indoor radon in a Spanish region with different gamma exposure levels*. În: Journal of Environmental Radioactivity, 2008, vol. 99(10), p. 1544-1547.
10. Thompson R.E. et. al. *Case-control study of lung cancer risk from residential radon exposure in Worcester county, Massachusetts*. În: Health Physics, 2008, vol. 94(3), p. 228-241.
11. IAEA *Analytical Quality in Nuclear Applications no. IAEA/AQ/33*. În: National and regional surveys of radon concentration in dwellings. Review of methodology and measurement techniques. International atomic energy agency, Vienna, 2013.
12. Caresana M., Campi F., Ferrarini M., Garlati L., Porta A. *Uncertainties evaluation for electrets based devices used in radon detection*. În: Radiat. Prot. Dosim., 2005, nr. 113 (1), p. 64-69.
13. Sorimachi A., Takahashi H., Tokonami S. *Influence of the presence of humidity, ambient aerosols and thoron on the detection responses of electret radon monitors*. În: Radiat. Meas., 2009, nr. 44 (1), p. 111-115.
14. IAEA-TECDOC-1363, *Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data IAEA*. Vienna, ISBN 92-0-108303-3 ISSN 1011-4289, July 2003.
15. IAEA *Analytical Quality in Nuclear Applications no. IAEA/AQ/19. Analytical Methodology for the Determination of Radium Isotopes in Environmental Samples*. Vienna, 2010.
16. Michiel Rutgers van der Loeff, Manmohan M. Sarin, Mark Baskaran, Claudia Benitez-Nelson, Ken O. Bueseler, Matt Charette, Minhan Dai, Örjan Gustafsson, Pere Masque, Paul J. Morris, Kent Orlandini, Alessia Rodriguez y Baena, Nicolas Savoyel, Sabine Schmidt, Robert Turnewitsch, Ingrid Vöge, James T. Waples. *A review of present techniques and methodological advances in analyzing 234Th in aquatic systems*. În: Marine Chemistry "FATE" volume.
17. Magdei M., Roșca A., Ursulean I. și al. *Norme fundamentale de radioprotecție, cerințe și reguli igienice privind reglementarea expunerii la radiații a populației de la sursele naturale*. 2000, 19 p.
18. S. Salama, A.I. Helal and M.A. Goma. *Radioactivity of the Treated Topaz*. În: Arab Journal of Nuclear Sciences and Applications, 2012, nr. 45(2), p. 186-193. Egyptian Atomic Energy Authority.
19. Winkler-Heil R., Hussain M., Hofmann W. *Stochastic rat lung dosimetry for inhaled radon progeny: a surrogate for the human lung for lung cancer risk assessment*. În: Radiation and environmental biophysics [Journal], 2015, Feb.

Studiul a fost efectuat în cadrul cercetărilor științifice asupra temei tezei de doctor în medicină ESTIMAREA RISCULUI DE EXPUNERE A POPULAȚIEI REPUBLICII MOLDOVA LA SURSELE NATURALE DE RADIAȚII IONIZANTE.

Prezentat la 23.04.2015

Serghei Vîrlan, doctorand;
e-mail: sergiuvirlan@mail.ru;
tel. 022 574 525