

## SCIENTIFIC STUDIES



DOI: 10.5281/zenodo.14549580

UDC: [614.876:546.296]:613.5(478)

# EVALUAREA NIVELULUI EXPUNERII POPULAȚIEI REPUBLICII MOLDOVA LA RADONUL REZIDENȚIAL

## EVALUATION OF THE LEVEL OF EXPOSURE OF THE POPULATION OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA TO RESIDENTIAL RADON

Aurelia Ababii<sup>1</sup>, Liuba Corețchi<sup>1</sup><sup>1</sup> Agenția Națională pentru Sănătate Publică, Chișinău, Republica Moldova**Rezumat**

**Obiectivele** cercetării au constat în monitorizarea concentrațiilor de radon în diverse tipuri de locuințe în principalele zone geografice ale Republicii Moldova, în localitățile rurale și urbane.

**Metode.** Pentru măsurarea concentrațiilor de radon în locuințe au fost utilizate detectoarele RADTRAK2+, fiind plasate în încăpere pentru o perioadă de 3 luni. Citirea detectoarelor s-a efectuat în laboratorul RADONOVA din Uppsala, Suedia. Prelucrarea statistică a datelor s-a efectuat în baza programului computerizat SPSS, efectuându-se analiza descriptivă. A fost efectuată analiza corelațională/regresională a concentrațiilor de radon și factorii de mediu (temperatura/umiditatea aerului). S-a efectuat calcularea riscului pentru sănătate a expunerii la radon prin calcularea dozelor efective, utilizând formulele propuse de Comisia Internațională de Protecție Radiologică. În baza rezultatelor obținute s-a efectuat cartografierea concentrațiilor de radon pe teritoriul țării cu evidențierea localităților cu risc sporit de expunere la radon. Cartografierea s-a realizat conform metodologiei științifice de cercetare a Centrului Comun de Cercetare (*Joint Research Center*) din cadrul Comisiei Europene. S-a utilizat caroiajul stabilit în sistemul Lambert-GISCO, potrivit căruia teritoriul Republicii Moldova este reprezentat prin 336 de celule cu laturile 10 x 10 km<sup>2</sup>.

**Rezultate.** În urma prelucrării statistice a datelor colectate, s-au obținut următoarele rezultate pentru o distribuție uniformă a valorilor, astfel se înregistrează valori maxime de 1160 Bq/m<sup>3</sup> pentru zona de Centru, 1260 Bq/m<sup>3</sup> pentru zona de Nord și 950 Bq/m<sup>3</sup> pentru zona de Sud. Concentrația medie a radonului în aerul din interior constituie 211,67 Bq/m<sup>3</sup>; 240,55 Bq/m<sup>3</sup> și 285,57 Bq/m<sup>3</sup> pentru Centru, Nord și, respectiv, zona de Sud, ceea ce demonstrează că valorile medii ale radonului nu au depășit valorile de referință pe țară (300 Bq/m<sup>3</sup>). Cota parte a locuințelor care au depășit nivelul de referință a radonului (300 Bq/m<sup>3</sup>) a constituit 25,3% pentru zona Centru, 31,06% – Nord și 38,58% – Sud. Conform rezultatelor obținute în baza măsurării concentrației radonului pentru municipiul Bălți, Chișinău și Cahul, se constată că valorile medii înregistrate nu depășesc valoarea de referință a concentrației radonului de 300 Bq/m<sup>3</sup>.

**Concluzii.** Expunerea populației la radon, care reprezintă o sursă naturală radioactivă, prezintă pericol pentru sănătatea publică. Expunerea cronică la gazul nominalizat radioactiv contribuie la declanșarea cancerului bronhopulmonar. Cele expuse prevăd un control strict al expunerii populației la radon prin implementarea cerințelor de monitorizare a concentrațiilor de radon în locuințe. În caz de depășire a valorilor în comparație cu cele de referință (300 Bq/m<sup>3</sup>), se impune implementarea măsurilor de ventilare artificială intensă, aerisirea permanentă a încăperilor, utilizarea membranelor antiradon, ermetizarea fisurilor din pereți și pardosea, etc.

**Cuvinte cheie:** sănătate publică, radon, cancer bronhopulmonar, detector

**Summary**

**The objectives** of the research consisted in monitoring radon concentrations in various types of housing in the main geographical areas of the Republic of Moldova, in rural and urban localities.

**Methods.** RADTRAK2+ detectors were used to measure radon concentrations in homes, being placed in the room for a period of 3 months. The detectors were read in the RADONOVA laboratory in Uppsala, Sweden. Statistical data processing was performed based on the SPSS computer program, performing descriptive analysis. Correlation/regression analysis of radon concentrations and environmental factors (air temperature/humidity) was performed. The health risk of radon exposure was calculated by calculating effective doses, using the formulas proposed by the International Commission on Radiological Protection. Based on the results obtained, radon concentrations were mapped across the country, highlighting localities with an increased risk of radon exposure. The mapping was carried out according to the scientific research methodology of the Joint Research Center of the European Commission. The grid established in the Lambert-GISCO system was used, according to which the territory of the Republic of Moldova is represented by 336 cells with sides of 10 x 10 km<sup>2</sup>.

**Results.** Following the statistical processing of the collected data, the following results were obtained for a uniform distribution of values, thus recording maximum values of 1160 Bq/m<sup>3</sup> for the Central area, 1260 Bq/m<sup>3</sup> for the Northern area and 950 Bq/m<sup>3</sup> for the Southern area. The average concentration of radon in the indoor air is 211.67 Bq/m<sup>3</sup>; 240.55 Bq/m<sup>3</sup> and 285.57 Bq/m<sup>3</sup> for the Center, North and South areas, respectively, which demonstrates that the average radon values did not exceed the reference values for the country (300 Bq/m<sup>3</sup>). The share of homes that exceeded the radon reference level (300 Bq/m<sup>3</sup>) was 25.3% for the Center area, 31.06% – North and 38.58% – South. According to the results obtained based on the measurement of radon concentration for the municipalities of Bălți, Chișinău and Cahul, it is found that the average recorded values do not exceed the reference value of radon concentration of 300 Bq/m<sup>3</sup>.

**Conclusions.** Exposure of the population to radon, which is a natural radioactive source, poses a danger to public health. Chronic exposure to the radioactive gas contributes to the onset of bronchopulmonary cancer. The above-mentioned provisions provide for strict control of the population's exposure to radon, by implementing requirements for monitoring radon concentrations in homes. In case of exceeding the values compared to the reference values (300 Bq/m<sup>3</sup>), it is necessary to implement intensive artificial ventilation measures, permanent airing of rooms, use of anti-radon membranes, sealing of cracks in walls and floors, etc.

**Keywords:** public health, radon, bronchopulmonary cancer, detector

## Introducere

Starea de sănătate a populației este determinată de o serie de factori legați de biologia umană, genetică, factori de mediu, serviciile de asistență medicală. Încercând a le grupa, am putea afirma faptul că sănătatea populației este corelată de o serie de factori interni și externi, influențabili și non-influențabili. Fără îndoială, radiațiile ionizante se poziționează ca determinante esențiale ale stării de sănătate, având un rol important în declanșarea efectelor mutagene la nivel celular, dereglarea proceselor de translație și transcripție, fiind factor de risc în apariția bolilor oncologice.

Radonul deține un rol semnificativ în procesul de poluare a aerului de interior, cu o pondere de circa 50% din expunerea totală la radiații ionizante este declarat a doua cauză de deces prin cancer pulmonar la nivel internațional. Literatura internațională regăsește o serie de studii epidemiologice care confirmă că expunerea la radon cauzează afecțiuni ale sistemului respirator și favorizează apariția cancerului bronhopulmonar, iar mai actual devine implicarea radonului în apariția accidentelor vasculare cerebrale [1, 2, 3]. Se estimează, conform UNSCEAR, că circa 70% din doza efectivă totală de expunere a populației la surse de radiații ionizante naturale este datorită radonului, iar cota parte din expunerea totală la radiații ionizante ajunge la 50%. Din numărul total de cancere înregistrate în lume, radonul cauzează 3-14%, acest procentaj fiind direct proporțional cu concentrația medie a radonului pe țară și asocierea altor factori de risc [4, 5].

Republica Moldova se aliniază obiectivelor Directivei EURATOM /53/2013 și întrunește eforturile comune ale autorităților locale și naționale în domeniul combaterii efectelor negative asociate expunerii la radon. Monitorizarea continuă a dinamicii concentrațiilor medii de expunere, dozelor efective de expunere, structurii morbidității și mortalității prin cancer pulmonar, reprezintă repere de bază în ajustarea intervențiilor de sănătate și direcționarea resurselor necesare pentru minimalizarea problemei radonului sub aspectele medico-sociale și demografice [6, 7].

Proprietățile sale fizico-chimice și gradul înalt de difuziune prin rocile terestre, ulterior prin porii materialelor de construcție, oferă radonului gaz caracteristici nocive și implicații severe în patogeneza cancerului pulmonar la nefumători, fiind prima cauză de apariție a tumorii cu localizare respiratorie și a doua cauză pentru fumători, conform Agenția Internațională pentru Cercetare a Cancerului și rapoartelor UNSCEAR. Distribuția neuniformă a fonului de radiații și variațiile teritoriale, sezoniere și diurne ale concentrațiilor, determină complexitatea studierii și direcționării măsurilor de combatere a efectelor negative asociate radiațiilor [8].

Agencia Internațională pentru Cercetare a Cancerului plasează radonul de rând cu fumul de tutun, azbestul și alți compuși nocivi, fiind catalogat drept cancerigen uman dovedit, circa 70% din doza efectivă totală de expunere la radiații ionizante de origine naturală este data de radon, iar, în proporție de 50%, radonul participă la expunerea totală la surse de radiații de origine naturală și artificială [9, 10, 11].

Datorită dinamicii morbidității prin maladii oncologice,

monitorizarea radonului ca factor etiologic, este o premisă obligatorie în scopul asigurării protecției radiologice a populației și diminuării efectelor negative legate de expunere pe termen scurt și lung, având în vedere efectele stocastice și biologice apărute la expuși și descendenți.

Colectarea sistemică a datelor privind concentrațiile radonului pe teritoriul țării, monitorizarea dozelor efective de expunere reprezintă obiective importante cu tentă obligatorie, promovate de către Agenția Internațională de Energie Atomică (AIEA) pentru toate statele membre. Republica Moldova se aliniază politicilor europene și transpune parțial legislația în domeniul radioprotecției prin Legea nr.289 din 20.10.2022 privind Desfășurarea în siguranță a activității nucleare și radiologice. Colectarea informațiilor privind expunerea la radon face parte din obiectivele programului național ce este în curs de aprobare, cât și parte a proiectelor regionale, precum RER9153, proiectul național MOL 9007, sub egida AIEA [12-16].

## Materiale și metode

Evaluarea nivelului de expunere a populației la radiații ionizante emise de radonul rezidențial, pe teritoriul Republicii Moldova, a fost realizată în cadrul unui studiu analitic de măsurare a concentrațiilor radonului la nivel național în circa 1100 de locuințe, conform metodologiei științifice de cercetare a Centrului Comun de Cercetare (*Joint Research Center*) din cadrul Comisiei Europene (CE). S-a utilizat caroiajul stabilit în sistemul Lambert-GISCO, potrivit căruia teritoriul Republicii Moldova este reprezentat prin 336 de celule cu laturile 10 x 10 km<sup>2</sup>.

Concomitent cu stabilirea concentrațiilor radonului, au fost investigați și parametrii microclimatului, cât și valorile minime, medii și maxime ale variabilelor termice. Studiul dependenței concentrației radonului de factorii abiotici ai mediului a stabilit existența unei legături de corelație strânsă cu formarea clusterului cu distanță euclidiană mare, și distanța linkage constituind 4250 pentru concentrația radonului și temperatura maximă a aerului și temperatura la suprafața solului. O altă latură importantă în procesul de evaluare a riscului pentru sănătate asociat radonului constituie efectuarea unui studiu caz-control de evaluare calitativă a riscului interacțiunii „radon-tutun” ca factor trigger în declanșarea cancerului pulmonar. Pentru realizarea acestui obiectiv a fost identificat un grup de participanți cu diagnostic pozitiv de cancer pulmonar confirmat anatomopatologic, analizând retrospectiv factorii de risc, consumul de tutun și expunerea la radon, și un grup de participanți (lotul martor) – persoane vecine cu grupul experimental fără patologie oncologică. Pentru acest studiu a fost elaborat un chestionar ce include date socio-demografice și tabagism, date cu privire la concentrația radonului în locuințe în casele de locuit ale pacienților și grupul martor, și date cu privire la forma cancerului bronhopulmonar, completate de către specialiștii IMSP Institutul Oncologic. În realizarea acestui studiu a fost semnat un acord de colaborare între Agenția Națională Pentru Sănătate Publică și IMSP Institutul Oncologic, privind schimbul reciproc de informații și contribuția la realizarea unei baze

de date comune și estimarea interacțiunii ”radon-tutun” în declanșarea cancerului pulmonar.

### Rezultate și discuții

În urma prelucrării statistice a datelor colectate, s-au obținut următoarele rezultate pentru o distribuție uniformă a valorilor (Figura 1), astfel se înregistrează valori maxime de 1160 Bq/m<sup>3</sup> pentru zona de Centru, 1260 Bq/m<sup>3</sup> pentru zona de Nord și 950 Bq/m<sup>3</sup> pentru zona de Sud. Concentrația medie a radonului în aerul din interior constituie 211,67 Bq/m<sup>3</sup>; 240,55 Bq/m<sup>3</sup> și 285,57 Bq/m<sup>3</sup> pentru Centru, Nord și, respectiv, zona de Sud, ceea ce demonstrează că valorile medii ale radonului nu au depășit valorile de referință pe țară (300 Bq/m<sup>3</sup>). Cota parte a locuințelor care au depășit nivelul de referință a radonului (300 Bq/m<sup>3</sup>) a constituit 25,3% pentru zona Centru, 31,06% – Nord și 38,58% – Sud. Conform rezultatelor obținute în baza măsurării concentrației radonului pentru municipiul Bălți, Chișinău și Cahul se constată că valorile medii înregistrate nu depășesc valoarea de referință a concentrației radonului de 300 Bq/m<sup>3</sup>.

În baza analizării rezultatelor măsurării concentrației de radon în aerul de interior al locuințelor municipiului Chișinău, 265 locuințe, s-au stabilit următoarele: valoarea maximă înregistrată constituie 940 Bq/m<sup>3</sup>, iar valoarea minimă – 10 Bq/m<sup>3</sup>. S-au calculat următorii indicatori din cadrul statisticii descriptive, în baza datelor acumulate: valoarea medie înregistrată este egală cu 144 Bq/m<sup>3</sup>, mediana este egală cu 71, deviația standard constituie 173, iar modulul este egal cu 12. Concentrația radonului de până la 150 Bq/m<sup>3</sup> s-a înregistrat în 185 locuințe, ceea ce constituie 70%,

valori cuprinse în intervalul 150-300 Bq/m<sup>3</sup> au fost măsurate în 39 locuințe, 14,5%, și în 41 de spații locative concentrația radonului a fost peste 300 Bq/m<sup>3</sup>, ceea ce constituie circa 15,5%. Importanța deosebită a monitorizării variațiilor concentrațiilor de radon pe teritoriul țării rezumă din necesitatea efectuării hărții de radon și prioritării zonelor conform concentrației stabilite, pentru a facilita accesul populației la informația privind radonul din locuințe, a sensibiliza astfel oamenii ca parte componentă a campaniei de comunicare a riscului și direcționarea măsurilor de remediere la etapa de planificare, construcție sau dare în exploatare a caselor individuale și edificiilor publice. Conform cerințelor standardelor de siguranță a Uniunii Europene, fiecare stat are obligația de a stabili aceste zone conform unei metodologii specifice din cadrul studiului analitic de măsurare a concentrației radonului pe teritoriul țării, ulterior sistematizarea rezultatelor cu calcularea indicatorilor statisticii descriptive pentru compararea datelor obținute cu valorile naționale de referință, și comunicarea acestora comisiilor de reglementare naționale în scopul stabilirii zonelor prioritare. Dacă se întrunesc condițiile ca valoarea medie a concentrației radonului plus o deviație standard este mai mare decât valoarea de referință, această zonă este considerată ”zonă de prioritate a radonului”.

Studierea legăturii directe dintre expunerea la concentrații sporite de radon de-a lungul vieții și apariția cancerului bronhopulmonar este o condiție importantă în argumentarea influenței radonului asupra morbidității prin cancer pulmonar. Identificarea grupului experimental pentru măsurarea concentrației radonului în aerul de interior a fost

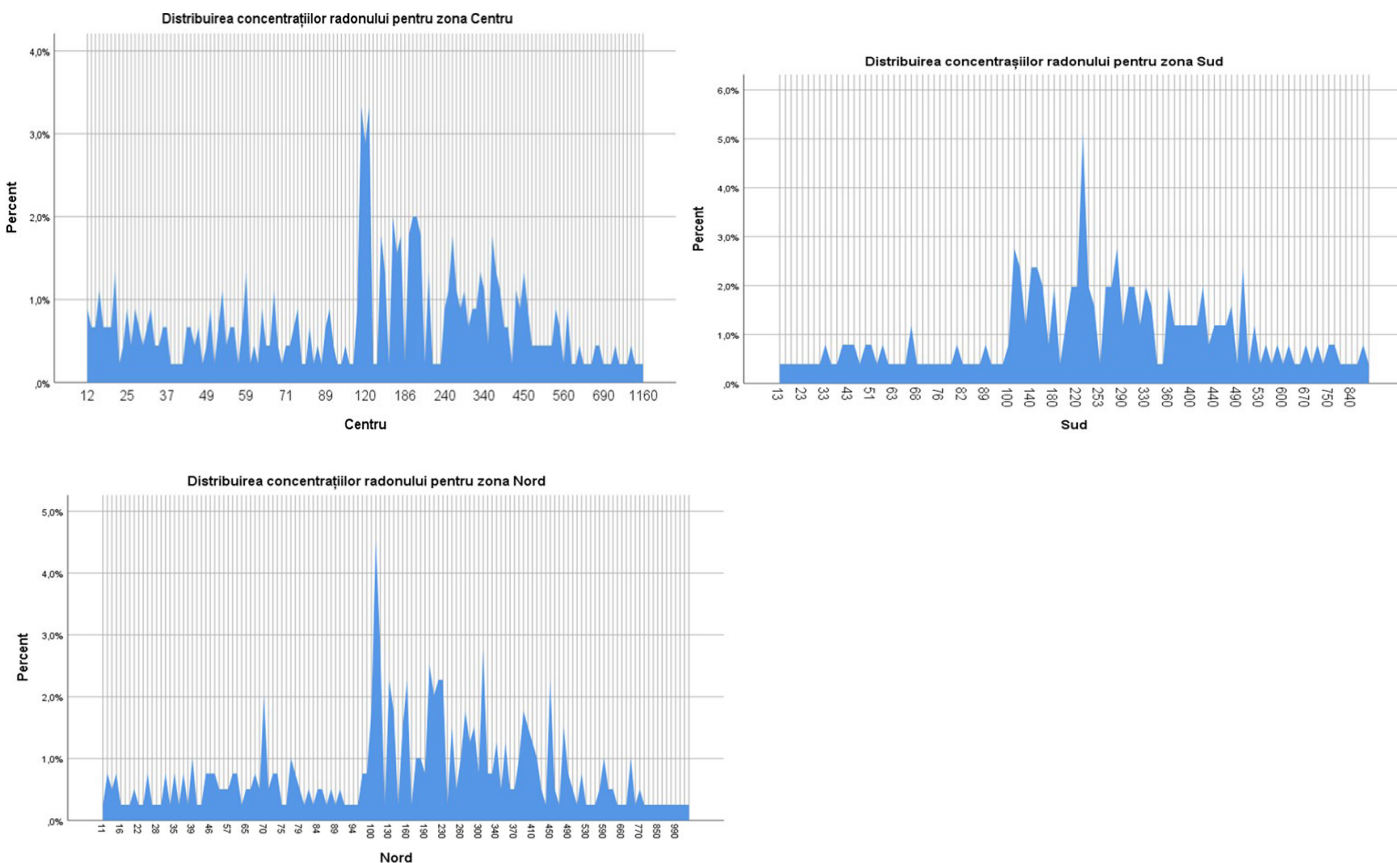


Figura 1. Reprezentarea grafică a variabilității concentrațiilor radonului în casele de locuit din zona Centru, Nord și Sud.

**Tabelul 1**

Indicii statisticii descriptive pentru lotul experimental și control privind concentrația radonului înregistrată.

Concentrația radonului în aerul de interior, studiu caz-control			
		Lotul experimental	Lotul control
N	Valid	41	66
Mean		194,38	165,27
Median		72,84	84,54
Mode		11,29	11,55
Std. Deviation		235,08	184,17
Minimum		11,29	11,55
Maximum		857,28	922,20

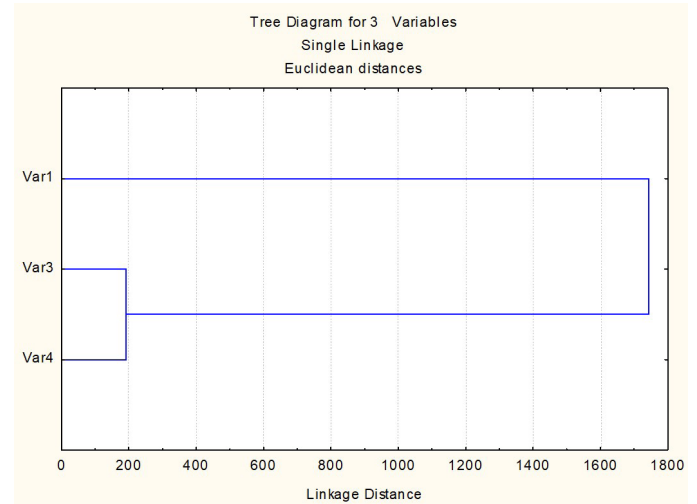
realizată prin intermediul colaborării cu IMSP Institutul Oncologic, astfel fiind identificați pacienții cu diagnostic confirmat histologic de cancer pulmonar, în diverse stadii și diverse forme: cancer bronhopulmonar central, endobronșic sau peribronșic, cancer bronhopulmonar periferic, tumoră sferică, tip pneumonic, apical și formele atipice cu localizare mediastinală și carcinomatoza miliară. În lotul martor, pentru studiu, au fost implicați persoanele cu reședința în vecinătatea bolnavilor pentru care nu este specific patologia oncologică.

S-a studiat, prin intermediul chestionarului, factorii de risc cu implicații în patogeneza cancerului, consumul de tutun, atât activ, cât și pasiv, perioada de când fumează, numărul de țigarete consumate pe zi, dar și expunerea la tutun în copilărie sau la locul de muncă, antecedentele ereditare și factorii de risc pentru patologia pulmonară precum asbest, particule de pulbere și altele.

Studiul caz-control desfășurat în cadrul lotului privind bolnavii de cancer bronho-pulmonar și lotul control a relevat următoarele – în baza analizei statistice a datelor colectate s-a stabilit valoarea medie a concentrației radonului în aerul de interior de 194,3 Bq/m<sup>3</sup>, deviația standard constituie 235,08 Bq/m<sup>3</sup>, valoarea maximă – 857,2 Bq/m<sup>3</sup>, valoarea medie înregistrată pentru lotul de control este 165,2 Bq/m<sup>3</sup>, deviația standard constituie 184,1 Bq/m<sup>3</sup>, valoarea maximă – 922,2 Bq/m<sup>3</sup>. Studiul fundamental și monitorizarea în dinamică a concentrațiilor radonului rezidențial constituie obiective majore în cadrul dezvoltării strategiei de sănătate publică orientată spre protecția radiologică a populației, iar Republica Moldova, prin intermediul programelor naționale, tinde să transpună politicile europene de sănătate, asigurând bunăstarea cetățenilor.

Nivelurile individuale de risc asociate radonului sunt diferite, fiind influențate de numeroși factori. Expunerea la concentrații mari de radon și consumul de tutun la fumătorii activi, expunerea la tutun ca fumători pasivi sau la ex-fumători, crește riscul de apariție a cancerului bronhopulmonar pe unitate de expunere la radon. Pentru caracterizarea distribuției tumorilor pulmonare asociate radonului, trebuie luate în calcul modele complexe care includ și alți factori relevanți [17, 18]. Organizația Mondială a Sănătății (OMS), Comisia Internațională pentru Protecție

Radiologică (CIPR) și Agenția Internațională pentru Energie Atomică (AIEA) recomandă implementarea unui program de cercetare și a unei metodologii de stabilire a nivelurilor de referință pentru radon, corelate cu indicatorii de sănătate. Aceste programe ar trebui să fie o prioritate pentru sistemele de sănătate publică la nivel global.



**Figura 2.** Analiza clusteriană a interacțiunii concentrației radonului cu factorii mediului ambiant, pentru lotul experimental.

Var1 – Concentrația radonului, Bq/m<sup>3</sup>; Var3 – Temperatura medie a aerului; Var4 – Umiditatea relativă a aerului.

Studierea legăturii de corelație dintre concentrația radonului în aerul din interior pentru bolnavii cu cancer bronho-pulmonar și factorii abiotici, precum temperatura și umiditatea, a stabilit formarea unei legături de corelație strânsă, cu formarea clusterului între concentrația radonului și temperatura medie a aerului și umiditatea relativă, cu distanța euclidiană de 1750 (Figura 2). Variațiile sezoniere ale concentrației radonului sunt datorate caracteristicilor locuințelor din mediul rural și urban. Evidențierea legăturii dintre concentrația sporită a Radonului și distribuția indicatorilor legați de morbiditatea și mortalitatea în populație, reprezintă un obiectiv major în stabilirea directivelor programului de combatere a efectelor negative legate de expunerea la radiații și argumentarea necesității implementării acestuia.

Conform articolului 8 din Tratatul Euratom, a fost înființat Centrul Comun de Cercetare (JRC), a cărui recomandări esențiale contribuie la sistematizarea datelor privind radonul prin intermediul hărților de radon, definite prin caroiajul stabilit în sistemul Lambert - GISCO de către Centrul Comun de Cercetare (Joint Research Center) din cadrul Comisiei Europene. Conform acestui ghid, Republica Moldova este reprezentată de 336 celule cu laturile 10 x 10 km<sup>2</sup>, unde, corespunzător, sunt informațiile privind numărul de măsurători, media aritmetică a valorilor concentrației radonului, deviația standard, mediana, valorile minime și maxime ale concentrației radonului. Actualmente, pe harta țării sunt bifate trei puncte de măsurare a radonului, două dintre acestea fiind cu risc crescut legat de sporirea concentrației radonului, în special în lunile reci ale anului, iar al doilea punct fiind cu risc scăzut de expunere la

radiații ionizante asociate radonului [13, 14, 15, 16]. Pentru vizualizarea în ansamblu a situației legate de expunerea la radon și aprecierea riscului comunitar vizavi de concentrația sporită a radonului zonal, se folosesc hărțile de radon disponibile și utilizate pe larg în toată lumea. Datorită datelor furnizate de acestea, organele competente obțin, în timp real, informații corespunzătoare legate de expunerea la radon iar, în ansamblu, aceste hărți reprezintă doar o componentă din procesul de evaluare a riscurilor, deoarece radonul, prin efectele sale asupra sănătății, are capacitatea de a forma legături de sinergism cu alți factori determinanți, rezultând un efect cumulativ.

În Republica Moldova, radonul constituie o problemă majoră și o provocare pentru sistemul de sănătate publică, în contextul acutizării problemei oncologice. Dinamica incidenței cancerului pulmonar este în creștere, astfel, în anul 2020, au fost înregistrate 565 de cazuri noi de cancer pulmonar, în anul 2021 – cu circa 44% mai multe cazuri. Rata de supraviețuire a bolnavilor cu cancer pulmonar, pe o durată mai mult de cinci ani, este de doar 13%, conform datelor Ministerului Sănătății al Republicii Moldova. Ponderea deceselor prin cancer pulmonar este de 21,5 din totalul deceselor provocate de cancer.

Conform studiilor OMS, consumul de tutun este în creștere în ultimii 12 ani cu circa 12%, circa 52% dintre bărbații adulți sunt fumători activi și 7,7% dintre femeile consumă tutun zilnic. Republica Moldova, ca țară candidată la Uniunea Europeană și ca membră în cadrul Agenției Internaționale pentru Energie Atomică, transpune obiectivele în domeniul reglementării și protecției radiologice a populației și implementează activ proiectele regionale pentru alinierea statului la standardele internaționale.

### Concluzii

1. Expunerea populației la radon, care reprezintă o sursă naturală radioactivă, prezintă pericol pentru sănătatea publică. Expunerea cronică la gazul nominalizat radioactiv contribuie la declanșarea cancerului bronhopulmonar.

2. Cele expuse prevăd un control strict al expunerii populației la radon prin implementarea cerințelor de monitorizare a concentrațiilor de radon în locuințe.

3. În caz de depășire a valorilor în comparație cu cele de referință ( $300 \text{ Bq/m}^3$ ) se impune implementarea măsurilor de ventilare artificială intensă, aerisirea permanentă a încăperilor, utilizarea membranelor antiradon, ermetizarea fisurilor din pereți și pardosea.

### Bibliografie

1. Corețchi L, Gîncu A, Căpățina A, Popescu I-A, Ababii A. Dozimetria biologică a personalului expus profesional și accidental la surse de radiații ionizante. Ghid. Chișinău: S.n.; 2021. 113 p. ISBN 978-9975-57-290-3
2. Corețchi L, Bahnarel I, et al. Monitorizarea surselor de radiații ionizante. GHID. Chișinău; 2017. p.5-7
3. Ramkissoon A, Navaranjan G, Berriault C, Villeneuve PJ, Demers PA, Do MT. Histopathologic Analysis of Lung Cancer Incidence Associated with Radon Exposure among Ontario Uranium Miners. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(11):2413. doi: 10.3390/ijerph15112413
4. World Health Organization. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. Geneva: World Health Organization; 2009. 122 p. ISBN: 9789241547673
5. Ababii A. Health risk of radon exposure. *One Health & Risk Management*. 2021 Sep;2(4):35-44. doi:10.38045/ohrm.2021.4.03
6. Consiliul Uniunii Europene. Directiva 2013/59/Euratom a Consiliului din 5 decembrie 2013 de stabilire a normelor de securitate de bază privind protecția împotriva pericolelor prezentate de expunerea la radiațiile ionizante și de abrogare a Directivelor 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom și 2003/122/Euratom. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0059&from=EL>. Accessed October 20, 2024.
7. Corețchi L, Overenco A. Recomandările Consiliului Europei și Internaționale în controlul riscului expunerii la radon. *Arta Medica*. 2020;4(77):103-106. doi:10.5281/zenodo.4175168.
8. National Cancer Institute (NIH). Available from: <https://www.cancer.gov/aboutcancer/causes-prevention/risk/substances/radon/radon-fact-sheet> [Accessed January 22, 2021].
9. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. Volume I. New York: United Nations; 2010.
10. Von Hippel N, Gschneidner GA. Radon and lung cancer: what does the public really know? *J Environ Radioact*. 2018;192:26-31.
11. National Research Council (US) Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations. Health risks of radon and other internally deposited alpha-emitters. BEIR IV. Washington (DC): National Academies Press (US); 1988.
12. Consiliul Uniunii Europene. Versiunea consolidată a Tratatului de instituire a Comunității Europene a Energiei Atomice. Bruxelles: Consiliul Uniunii Europene. Available from: <https://www.consilium.europa.eu/ro/documents-publications/publications/consolidated-versions-treaty-establishing-european-atomic-energy-community/> [Accessed September 10, 2024].
13. Horálek J, Vlasáková L, Schreiberová M, et al. EEA Report No 12/2022. European air quality maps for 2020. Copenhagen: European Environment Agency; 2023.
14. Corețchi L, Bahnarel I, et al. 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. 2012:50.
15. Corețchi L, Bahnarel I, Virlan S, Apostol I. Controlul, reglementarea și remedierea expunerii la radon a populației Republicii Moldova. Chișinău: Editura Sirius; 2020.
16. European Commission, Joint Research Centre. 16ENV 10 MetroRADON. Report on indoor and geogenic radon surveys in Europe, including their strategies, the methodologies employed, inconsistencies in the results, and potential methodologies to harmonize data and reduce inconsistencies. Ispra, Italy: European

Commission, Joint Research Centre; 2019.

17. Chahine T, Schultz B. Modeling joint exposures and health outcomes for cumulative risk assessment: the case of radon and smoking. *Int J Environ Res Public Health*. 2011;8(9):3688-3711.
  18. Hunter N, Muirhead C. Calculation of lifetime lung cancer risks associated with radon exposure, based on various models and exposure scenarios. *J Radiol Prot*. 2015;35(3):539-561.
- 

Recepționat – 17.12.2024, acceptat pentru publicare – 20.12.2024

**Autor corespondent:** Aurelia Ababii, e-mail: aurelia.ababii@ansp.gov.md

**Declarația de conflict de interese:** Autorii declară lipsa conflictului de interese.

**Declarația de finanțare:** Autorii declară lipsa de finanțare.

**Citare:** Ababii A, Corețchi L. Evaluarea nivelului expunerii populației Republicii Moldova la radonul rezidențial [Evaluation of the level of exposure of the population of the Republic of Moldova to residential radon]. *Arta Medica*. 2024;93(4):49-54.