

**MINISTERUL SĂNĂTĂȚII, MUNCHI 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 RADIAȚII IONIZANTE**

331.02 – IGIENĂ

Teza de doctor în științe medicale

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.

Autorul

VÎRLAN Serghei

CHIȘINĂU, 2018

© Vîrlan Serghei, 2018

CUPRINS

ADNOTARE (în română, rusă și engleză)	5
LISTA ABREVIERILOR	8
INTRODUCERE	9
1. CARACTERISTICA SANITARO-IGIENICĂ A EXPUNERII POPULAȚIEI LA SURSELE NATURALE DE RADIAȚII IONIZANTE (reviul literaturii)	18
1.1. Radioactivitate naturală. Radioizotopi naturali	18
1.2. Proprietățile fizico-chimice ale radonului și principalilor radionuclizi naturali din mediu	27
1.3. Caracteristica radionuclidică a radonului (^{222}Rn) și răspândirea lui în natură.....	30
1.4. Determinarea concentrațiilor de radon în ape	34
1.5. Riscul pentru sănătate, cauzat de expunerea la radiații ionizante, inclusiv radon.....	39
1.6. Mărimi și unități în dozimetrie și protecția radiologică	43
1.7. Concluzii la capitolul 1	50
2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE.....	48
2.1. Obiectul de studiu și condițiile de efectuare a cercetărilor experimentale	48
2.2. Metode de cercetare. Considerații etice	54
2.3. Metode instrumentale și de laborator. Metode de determinare a concentrației radonului în componentele principale ale mediului ambiant	57
2.4. Determinarea radioactivității radionuclizilor naturali în principalele componente ale mediului ambiant	62
2.5. Determinarea fondului radioactiv <i>gama</i>	64
2.6. Concluzii la capitolul 2	66
3. ESTIMAREA SANITARO-IGIENICĂ A NIVELULUI IRADIERII POPULAȚIEI REPUBLICII MOLDOVA DE LA SURSELE NATURALE DE RADIAȚII IONIZANTE	67
3.1. Evaluarea sanitaro-igienică a concentrației radionuclizilor naturali în materialele de construcție	67
3.2. Evaluarea sanitaro-igienică a concentrației de ^{222}Rn și descendenților săi în principalele componente ale mediului ambiant. Evaluarea sanitaro-igienică a concentrației de ^{222}Rn și descendenților săi în sol	77
3.3. Determinarea concentrațiilor de radon în apele Republicii Moldova	82
3.4. Evaluarea igienică a concentrației de ^{222}Rn și a descendenților săi în aerul de interior	86
3.5. Concluzii la Capitolul 3.....	94
4. STUDIAREA ÎN DINAMICĂ A INCIDENȚEI MORBIDITĂȚII PRIN DIFERITE TIPURI DE CANCER LA POPULAȚIA REPUBLICII MOLDOVA, ÎN RELAȚIE CU FACTORII DE RISC ASOCIAȚI RADIAȚIILOR IONIZANTE	96
4.1. Structura morbidității prin maladii oncologice în Republica Moldova în perioada a. 2013-2015	96

4.2.	Incidența cancerului bronhopulmonar în Republica Moldova în perioada a. 2013-2015.	102
4.3.	Evaluarea și monitorizarea sanitaro-igienică a variației fondului gama extern pe teritoriul Republicii Moldova	113
4.4.	Concluzii la Capitolul 4	115
	CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI PRACTICE	116
	BIBLIOGRAFIE	120
	Anexa 1. Aviz favorabil al Comitetului de Etică a Cercetării.....	135
	Anexa 2. Date referitor la activitatea specifică și activitatea efectivă specifică în diferite materiale de construcție și finisare, utilizate pe teritoriul Republicii Moldova, conform clasificării	136
	Anexa 3. Date referitor la măsurătorile concentrației de radon la exalarea din sol	137
	Anexa 4. Date referitor la măsurătorile concentrației de radon în sursele de apă potabilă, prelevate de pe teritoriul Republicii Moldova	143
	Anexa 5. Date referitor la stabilirea concentrației de radon în aerul din interiorul locuințelor de pe teritoriul Republicii Moldova (a. 2011 - 2015)	152
	Anexa 6. Date referitor la structura morbidității prin maladii oncologice în perioada a. 2013-2015 în Republica Moldova	183
	Anexa 7. Date referitor la echivalentul debitului dozei ambientale a radiației gama	212
	Anexa 8. Certificate de implementare	215
	DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII	224
	CURICULUM VITAE AL AUTORULUI.....	225

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 радони 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

Virlan 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 of radon in local and central public health centers, as well as the State University of Medicine and Pharmaceuticals (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 technogenic 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

Introducere

Actualitatea și importanța problemei abordate. Existența expunerii populației la sursele naturale de radiații ionizante, reprezintă problema cheie în sănătatea publică. Sursele naturale de radiații ionizante prezintă un risc major, manifestat prin stările maligne radioinduse. Investigațiile recente denotă faptul că nivelurile globale de expunere a populației la radiații ionizante continuă să crească, motiv care argumentează cunoașterea și reevaluarea periodică a dozelor.

Expunerea populației Republicii Moldova la sursele naturale de radiații ionizante, inclusiv la Radon (^{222}Rn), la fel ca în întreaga lume, rezumă din existența problemei de sănătate publică și anume creșterea în dinamică a incidenței maladiilor oncologice, inclusiv cancerul bronhopulmonar. Radioactivitatea naturală este constituită din radionuclizii prezenți în mediul ambiant: aer, sol, apă, vegetație, organisme animale, inclusiv cel uman, 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. Astfel, suntem cu toții zilnic expuși radiațiilor ionizante naturale și tehnogene. Totodată, radiațiile ionizante naturale: radiația cosmică – 14,5%; radiația *gama* terestră – 17,1%; radiația internă (ingestia, din produsele alimentare) – 8,6%; Radon – 48,3%; medicală – 11,2%; producție – <0,1%; descărcări – <0,1; surse profesionale – <0,1; altele – 0,3%, au cea mai mare pondere. 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 (tehnogeni) ^{137}Cs , ^{90}Sr ș.a., ca urmare a testărilor armamentelor nucleare și a accidentelor nucleare de la centralele atomo-electrice, preponderent de la CAE Cernobîl [1, 2, 3].

Studii privind expunerea populației la sursele naturale, îndeosebi la Radon, se efectuează în întreaga lume. Astfel, s-au efectuat studii de valoare în India, Egipt, Brazilia, Argentina, Canada, SUA, Japonia, Iran, Pakistan, Serbia, Norvegia, Polonia, Franța, Germania, Spania, Italia, Cehia, Turcia, Grecia, Ungaria, România etc.

Un studiu important, realizat în Complexul Fen (Norvegia), o bogată zonă în radionuclizi naturali, în special în Thorium (^{232}Th), a demonstrat că în locurile miniere (TENORM), precum și în locurile neperturbate, împădurite (NORM), toate cu acces public, concentrațiile de activitate în sol ale ^{232}Th (3280 – 8395 Bq/kg) au fost semnificativ mai mari decât valorile internaționale și cele medii norvegiene depășind nivelul de referință norvegian (1000 Bq/kg) a deșeurilor radioactive, în timp ce Radium (^{226}Ra) a fost prezent la niveluri ușor crescute – 89 – 171 Bq/kg.

Debitul dozei *gama* terestră era, de asemenea, mare, variind între 2,6 – 4,4 $\mu\text{Gy/h}$. Bazate pe termen lung, datele în urma efectuării măsurătorilor concentrației de Thoron (^{220}Rn) și Radon (^{222}Rn) în aer, atingeau valori, respectiv 1786 și 82 Bq/m^3 . Rezultatele investigațiilor au confirmat variația sezonieră în aerul din exterior a fondului *gama* și a concentrațiilor de ^{222}Rn . Prin analize corelaționale s-a depistat o relație liniară între nivelurile de radiații din aer și abundența ^{232}Th în sol. În baza tuturor rezultatelor obținute în urma măsurătorilor efectuate, această regiunea a fost considerată ca zonă cu concentrații sporite a radiațiilor ionizante naturale [4].

Conform unui studiu efectuat în Brazilia, pericolul radioactivității naturale pentru sănătate, parvenit de la granitul, care căptușește pereții și podeaua într-o odaie de locuit tipică, a fost evaluat prin metode indirecte pentru a prezice expunerea externă la razele *gama* și concentrațiile de Radon. Expunerea la radiațiile *gama* a fost estimată prin metoda de simulare Monte Carlo și validată prin măsurători *in situ* cu un spectrometru *gama* cu detectori de scintilație NaI. Activitatea concentrațiilor de ^{232}Th , ^{226}Ra , și ^{40}K într-o serie largă de mostre comerciale de granit din Brazilia, măsurate prin utilizarea spectrometriei – *gama*, a constituit respectiv 4,5–450 Bq/kg , 4,9–160 Bq/kg și 190– 2029 Bq/kg . Valorile maxime ale debitului extern de doză *gama* de la pardoseală și pereții acoperiți cu granit, într-o încăpere tipică locativă cu suprafața de 5,0 m $\times$ 4,0 m și înălțimea de 2,8 m, s-a dovedit a fi 120 nGy/h , ceea ce este comparabil cu expunerea medie la nivel mondial la radiații ionizante terestre externe de 80 nGy/h , datorate surselor naturale, care au fost propuse de CȘNU. Astfel, concentrațiile de Radon din aerul interior s-au estimat printr-o ecuație simplă de echilibru al exhalăției și ratele calculate pentru valorile măsurate ale concentrațiilor de ^{226}Ra și proprietățile materialelor de construcție și finisare. Rezultatele denotă că concentrațiile de Radon în camera ventilată în mod corespunzător timp de 0,5 h au fost mai mici de 100 Bq/m^3 – valoare recomandată de către OMS ca nivel de referință [5, 6, 7, 8].

Rolul Serviciului de Supraveghere de Stat a Sănătății Publice (SSSSP) în Republica Moldova ca și al altor structuri de sănătate publică din întreaga lume, este orientat spre reducerea și/sau eliminarea riscurilor ce ar putea afecta starea de sănătate a populației. La moment strategia de combatere și profilaxie a riscurilor, inclusiv expunerea la sursele naturale de radiații ionizante, este o direcție prioritară și de perspectivă a sistemului de sănătate, fiind reflectată atât în Politica Națională de Sănătate, cât și în actele normative în vigoare ale Republicii Moldova [9, 10, 11, 12].

Populația generală primește circa 50% din doza de expunere a sa la radiații naturale, prin intermediul particulelor *alfa* (α) ale ^{222}Rn și descendenților săi de dezintegrare. Studiile

epidemiologice, efectuate pînă în prezent, au depistat o corelație pozitivă între expunerea la ^{222}Rn și cancerogeneza bronhopulmonară. Totuși, mecanismele răspunsurilor de transcripție, implicate în aceste efecte încă nu sunt stabilite. În cadrul unor cercetări a fost utilizată tehnologia genomică pentru determinarea modificărilor subtile în expresia genelor, care pot fi reprezentate prin modificarea stării fiziologice. În general, acest profil a expresiei genelor sugerează că particulele *alfa* inhibă sinteza ADN-ului și mitozei ulterioare, cauzând stoparea ciclului celular [13, 14, 15, 8].

Printre factorii de risc la care suntem expuși zilnic, Radonul și produșii săi de dezintegrare în atmosferă sunt contribuitorii cei mai importanți privind expunerea omului la sursele naturale de radiații ionizante. Astfel, în lume sunt calculate dozele totale anuale efective, îndeosebi, în urma expunerii la sursele naturale, ceea ce ne motivează să le evaluăm, cunoaștem și calculăm și în Republica Moldova. În Polonia, de exemplu, doza totală anuală efectivă internă de radon constituie 1,36 mSv. În ultimele două decenii au fost reevaluate de trei ori concentrațiile de radon în aerul din interiorul clădirilor de către Institutul Nofer de Medicina Muncii, din or. Łódź. Măsurătorile au fost efectuate la parterul fiecărei clădiri. Concentrația medie anuală de radon a constituit 89 Bq/m³ în a.a. 1998 – 1999; 75 Bq/m³ – 2008 – 2009 și 52 Bq/m³ – 2005. Presupunând că un om petrece acasă aproximativ 5000 de ore pe an și utilizînd factorii de conversie corespunzători, s-a constatat că doza de radon *per* locuitor a variat între 0,9 – 1,1 mSv, ceea ce prezintă valori sub doza medie pentru populația poloneză [16].

La noi în țară necesitatea cercetării acestei probleme pe larg este foarte actuală și de o importanță majoră pentru sănătatea publică *per* ansamblu. 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, rămîne vitală atât cunoașterea surselor din mediul ambiant, concentrațiile radionuclizilor naturali și ale ^{222}Rn în componentele mediului, cât și cartarea teritoriului Republicii Moldova cu indicarea zonelor cu concentrații sporite.

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 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.

3. Estimarea riscului mediu anual, asociat iradierii populației Republicii Moldova de la sursele naturale: calcularea dozelor colective și a nivelului de iradiere a populației.
4. Evaluarea morbidității prin cancer pulmonar a populației Republicii Moldova, asociată iradierii naturale.
5. Elaborarea măsurilor complexe de radioprotecție a expunerii populației Republicii Moldova la sursele naturale.

Metodologia cercetării științifice 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 [17, 18, 19]. 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/tehnogeni; metoda radiometrică de cuantificare a activității radonului prin utilizarea radonometrului RTM 1692-2; 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 științifică și originalitatea lucrării. Noutatea științifică a rezultatelor obținute, constă în evaluarea 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. Astfel, a fost efectuat un studiu complex al expunerii de la toate sursele naturale de radiații ionizante, îndeosebi, la radon din mediul ambiant, pe o perioadă îndelungată cu cuantificarea riscului asociat iradierii populației Republicii Moldova în baza evaluării dozei colective, condiționate de toate sursele naturale de radiații ionizante. Au fost elaborate măsuri adecvate de radioprotecție pentru reducerea și/sau eliminarea, în cazuri posibile a riscului, asociat iradierii populației de la sursele naturale. A fost elaborat un ghid cu privire la „Metodologia monitorizării surselor naturale de ^{222}Rn și evaluarea riscului radiologic pentru populația expusă”. 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 constă în identificarea și prioritizarea principalelor 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 cancere a populației Republicii Moldova. Au fost elaborate măsuri complexe de radioprotecție a expunerii populației Republicii Moldova la sursele naturale de radiații ionizante.

Semnificația teoretică. Rezultatele obținute în urma efectuării studiului au permis evidențierea factorilor de risc pentru sănătatea publică, cum ar fi: concentrațiile sporite de radon în aerul interior, concentrația radionuclizilor naturali prezenți în materialele de construcție și a fondului *gama* extern, care acționează în comun ca factori de risc pentru sănătatea publică, asupra populației de pe teritoriul Republicii Moldova. Acumularea și implementarea rezultatelor performante noi vor contribui la elucidarea mai clară a mecanismelor de interacțiune a factorului exogen radiațional cu organismul uman și în prezentarea soluțiilor de reducere a expunerii la radiații ionizante.

Valoarea aplicativă a lucrării:

1. A fost elaborată Metodologia de monitorizare a surselor naturale de ^{222}Rn și evaluarea riscului radiologic pentru populația expusă și implementată la catedrele Igiena și Igiena Generală a USMF Nicolae Testemițanu și Centrele de Sănătate Publică teritoriale.
2. Au fost stabilite valorile de referință ale ^{222}Rn pe teritoriul Republicii Moldova pentru diverse componente ale mediului: apă, sol și aerul interior al locuințelor.
3. Rezultatele studiului 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.
4. Materialele tezei vor servi în calitate de suport didactic în instruirea universitară și postuniversitară atât a cadrelor medicale, cât și pentru pregătirea materialelor didactice (prelegeri, recomandări metodice pentru lecții practice).
5. Unele aspecte ale monitorizării surselor naturale de radiații ionizante au fost incluse în ghidul cu privire la „Metodologia monitorizării surselor naturale de ^{222}Rn și evaluarea

riscului radiologic pentru populația expusă”, Ministerul Sănătății al Republicii Moldova, Chișinău 2014.

6. Valorificarea rezultatelor în practica supravegherii sănătății publice prin elaborarea unui program intersectorial de monitorizare a radonului, care va contribui la diminuarea morbidității prin cancer bronhopulmonar.

Principalele rezultate științifice înaintate spre susținere:

1. Cuantificarea evoluției nivelului radiațiilor ionizante naturale și tehnogene în principalele componente ale mediului ambiant.
2. Rezultate actualizate ale activității radonului în apă, sol și încăperi: edificii locative, școli și grădinițe.
3. Stabilirea interacțiunilor parametrilor fizici (temperatura și umiditatea aerului și solului) cu radonul prin analize clusteriene.
4. Stabilirea influenței tipului casei de locuit, amplasarea acesteia și a materialelor de construcție asupra variației concentrațiilor de radon.
5. Populația din zonele cu risc sporit (subsol, demisol, parter) de expunere la sursele naturale de radiații ionizante prezintă niveluri de morbiditate prin cancer bronhopulmonar semnificativ mai înalte în comparație cu populația generală.
6. 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.
7. 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 de la toate sursele naturale existente necesită intervenții atât din partea statului, organelor publice, cât și din partea SSSSP și individului.

Implementarea rezultatelor științifice.

1. Metodologia monitorizării surselor de radon a fost implementată 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).
2. Metodologia monitorizării surselor de radiații ionizante a fost implementată în CSP teritoriale, CNSP și USMF (Hotărârea medicului-șef sanitar de Stat al Republicii Moldova nr. din 2017; certificat de autor nr. din 2017).
3. Cartarea concentrațiilor radionuclizilor naturali și tehnogeni și a maladiilor oncologice a fost propusă pentru Ministerul Mediului, Ministerul Sănătății și ANRANR.

4. Pliantul Impactul radonului asupra sănătății, Chișinău, 2015 a fost diseminat în școli, grădinițe, populației etc.
5. Rezultatele cercetărilor din cadrul tezei vor fi utile în activitatea didactică și științifică din USMF Nicolae Testemițanu, USM, UnAȘM și altor universități.

Aprobarea rezultatelor științifice

Rezultatele cercetărilor științifice au fost comunicate și discutate la foruri științifice de specialitate de nivel național și internațional:

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

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

Volumul și structura tezei. Teza este compartimentată din: introducere, 4 capitole, concluzii generale, bibliografie din 189 titluri, 126 pagini de text de bază cu 47 figuri, 15 tabele și 7 anexe.

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

Sumarul compartimentelor tezei. Capitolul 1 “Cercetări contemporane cu privire la expunerea populației la sursele naturale de radiații ionizante”. În capitol este prezentată o analiză amplă a datelor din literatură referitor la tipurile de radiații ionizante. Un rol aparte constituie descrierea radioactivității și radionuclizilor naturali; proprietățile fizico-chimice ale

radonului și principalilor radionuclizi naturali din componentele mediului ambiant; caracteristica radionuclidică a radonului (^{222}Rn) și răspândirea 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.

Capitolul 2 „Materiale Și Metode De Cercetare” cuprinde descrierea metodologiei utilizate, condițiilor de efectuare a cercetărilor experimentale. 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. În calitate de material pentru realizarea studiului au fost utilizate, de asemenea, registrul maladiilor oncologice pentru ultimii șase ani pentru populația generală (cancer *per total*), și rezultatele analizei morbidității generale a populației, îndeosebi prin cancer bronhopulmonar [20]. Pentru realizarea lucrării au fost utilizate metode, care prezintă baza metodologică a igienei radiațiilor și radioprotecției. 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 aparatajului Radiometru ESM FH 40 G-L; determinarea concentrației de radon în principalele componente ale mediului: apă, aer, sol, utilizând aparatajul Radonometru RTM 1688-2; determinarea concentrației radionuclizilor naturali în produse alimentare, apă potabilă și materiale de construcție în baza utilizării aparatajului 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.

Capitolul 3 „Estimarea sanitaro-igienică a nivelului iradierii populației Republicii Moldova de la sursele naturale de radiații ionizante” 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. Un loc aparte constituie elucidarea expunerii profesionale la radon în IMSP din mun. Chișinău; cercetarea influenței factorilor abiotici de mediu (temperatura, umiditatea etc) asupra concentrației de radon; influența tipului și amplasarea edificiilor locative asupra concentrațiilor de radon; calcularea dozei efective anuale a expunerii populației la radon; calcularea și evaluarea EDE mediu *per capita* în Republica Moldova, asociat iradierii naturale a. 2011 – 2016.

Capitolul 4 „Studierea în dinamică a incidenței morbidității prin diferite tipuri de cancer la populația Republicii Moldova în relație cu factorii de risc asociați radiațiilor ionizante” cuprinde rezultatele cercetării structurii morbidității prin maladii oncologice în perioada a. 2013-2015 în principalele zone ale Republicii Moldova în funcție de an și localitate.

1. CARACTERISTICA SANITARO-IGIENICĂ A EXPUNERII POPULAȚIEI LA SURSELE NATURALE DE RADIAȚII IONIZANTE

1.1. Radioactivitatea naturală. Radioizotopi naturali

Radioactivitatea naturală sau de mediu, datorată prezenței izotopilor radioactivi naturali în mediul ambiant, este omniprezentă. În ultimele decenii a obținut un interes științific deosebit, deoarece în pofida riscului eliberării în mediul ambiant al contaminanților radioactivi rezultați datorită dezvoltării industriei nucleare, natura este cea care contribuie în cea mai mare măsură la expunerea populației la radiații ionizante. În rezultatul testelor nucleare din anii 1950-60 și a accidentului nuclear de la Cernobîl, o mare cantitate de izotopi artificiali: ^{137}Cs și ^{90}Sr și ^{241}Am , cu durată lungă de înjumătățire, a fost eliberată în mediu. Acești izotopi artificiali, împreună cu cei naturali din mediu, sunt considerați ca radioizotopi ambientali și au semnificație igienică [21, 22, 23, 24].

Elementele radioactive sunt metale ușor oxidabile, având urmare, datorită cărui fapt acestea sunt prezente în crusta terestră sub formă de oxizi cu o densitate relativ mică [21, 22, 23, 24].

Radionuclizii de origine terestră fac parte din seria radioactivă a ^{238}U , ^{232}Th și ^{40}K . Concentrațiile lor din sol depind de natura rocii mamă. Astfel, nivelurile radioactivității naturale variază în funcție de geologie și geografie. Radionuclizii în sol pot fi captați de rocile minerale sau pot fi absorbiți pe componentele solului. Factorul major, care afectează reacțiile geochimice, asociate cu radionuclizii, explicând mobilitatea lor în sol, este valoarea pH-ului. Ținând cont de importanța distribuției și circuitul radionuclizilor prin ciclul sol-apă-plante, în special în agricultură, este necesară investigarea relațiilor dintre principalele proprietăți ale solului și conținutul izotopilor naturali ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th și ^{40}K în sol și distribuția acestora în profunzimea solului [25].

Dintre radionuclizii cosmogenici, din punct de vedere al importanței sau contribuției la formarea dozei de iradiere, la care populația poate să fie expusă, doar ^{14}C , ^3H , ^{22}Na și ^7Be prezintă un interes deosebit. Radionuclizii constituenți ai celor trei serii radioactive nucleare alături de radionuclidul primordial ^{40}K , cu timp de înjumătățire mare, reprezintă principalele elemente, care generează radioactivitatea mediului și, deci, doza corespunzătoare fondului

natural, la care populația este expusă permanent. Deci, uraniu este prezent în natură sub formă de trei izotopi: ^{238}U – în proporții de 99,28 %, ^{235}U – 0,71 % și ^{234}U – 0,0058%. Acest element radioactiv se găsește sub formă de urme în toate tipurile de rocă și sol. Substratul geologic al zăcămintelor este de mare varietate, incluzând roci magmatice (vulcanice și plutonice), metamorfice și sedimentare. În cadrul rocilor magmatice, concentrația de uraniu este mai mare în rocile acide, în comparație cu cele bazice, și invers proporțională cu conținutul de calciu din roci. În cazul rocilor metamorfice, conținutul de uraniu este variabil, depinzând de roca inițială și de tipul metamorfismului. Dintre rocile sedimentare, cele mai radioactive sunt argilele și șisturile argiloase, în timp ce rocile pur chimice și organogene au un conținut de uraniu mai scăzut [26].

Dat fiind faptul, că uraniu se găsește în toate solurile și, mai ales, în îngrășămintele fosfatice, acest element este prezent în alimente. Activitatea medie a uraniului ingerat de o persoană timp de un an este de aproximativ 0,14 mCi. Uraniul în organism, este reținut de țesutul osos. În mod normal, scheletul uman conține aproximativ 25 μg de uraniu (activitate 8 pCi), această cantitate contribuind cu o doză de 0,3 mrem/an asupra scheletului. ^{226}Ra și descendenții săi contribuie substanțial la iradierea internă cu surse naturale a populației. Fiind un urmaș al ^{238}U , acesta se găsește în concentrații variate în toate tipurile de rocă și sol. Activitatea medie a radionuclidului este de 32 Bq/kg, variind în intervalul 8 – 60 Bq/kg [59]. Activitatea specifică a ^{226}Ra din apele de suprafață variază în limitele 0,1 – 0,5 pCi per litru, pe când apele subterane și apele minerale conțin cantități mai mari de ^{226}Ra [27, 27].

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

Activitatea concentrațiilor ^{232}Th , ^{226}Ra și ^{40}K într-o serie largă de mostre comerciale de granit din Brazilia, măsurate prin utilizarea spectrometriei *gama*, a constituit respectiv 4,5-450

Bq/kg, 4,9-160 și 190-2029 Bq/kg. Valorile maxime ale debitului extern de doză a radiațiilor *gama* de la pardoseala și pereții acoperiți cu granit, într-o locație tipică, cu suprafața de 5,0 m × 4,0 m și înălțimea de 2,8 m, au constituit 120 nGy/h, ceea ce este comparabil cu expunerea medie la nivel mondial, la radiații ionizante terestre externe de 80 nGy/h, datorate surselor naturale, care au fost propuse de Comitetul Științific al Națiunilor Unite [5]. Radonul și produșii săi de dezintegrare în atmosferă sunt contribuitorii cei mai importanți în expunerea omului la sursele naturale de radiații ionizante [16].

În una din zonele cu risc sporit de expunere la radiații naturale, orașul Ramsar (Iran), a cărei radioactivitate naturală se datorează seriei naturale a ^{238}U și a produselor sale de dezintegrare, în special ^{226}Ra și ^{220}Rn , aduse la suprafață cu apa izvoarelor termale, rezervele de apă prezentau o concentrație de ^{222}Rn mai mare cu 10 kBq/m³, decât nivelul de referință, confirmând cota parte majorată a radonului la doza medie anuală de radiații a publicului, în baza consumului de apă (ingerare) [Mowlavi A.A., Shahbahrami A., Binesh A., 2009]. Produșii de dezintegrare ai radonului inhalați, se depozitează pe suprafața relativ mică a suprafețelor căilor respiratorii, generând cancerul bronhopulmonar [28].

Proprietățile chimice ale ^{226}Ra sunt asemănătoare cu cele ale calciului. Fiind absorbit de către plante din sol, ulterior acesta se integrează în organismul uman prin ingerare. Cantitatea de ^{226}Ra din alimente depinde de mai mulți factori: cantitatea de radium din solul pe care au fost cultivate plantele, cantitatea de calciu disponibilă în sol și metabolismul plantei. Alimentul cel mai bogat în ^{226}Ra , cu o activitate mai mare de 1000 pCi/kg, (^{226}Ra și ^{228}Ra) este nuca braziliană (*Bertholletia excelsa*). Concentrația de 1000 de ori mai mare decât în alimentele obișnuite se datorează unui mecanism metabolic specific al plantei de concentrare a bariului – element chimic asemănător cu radiul. O fracțiune scăzută din radiul ingerat este transferată prin intestinul subțire și depozitată preponderent în oase, care conțin aproximativ 70-95% din concentrația totală de radium din organism [29, 30].

Un alt radionuclid natural, la fel de important, este ^{232}Th . Concentrația acestuia în roci este diferită și poate fi răspândit chiar și în crusta terestră. Datorită faptului că, acest radioizotop este relativ insolubil și are o activitate specifică mică, contribuția lui în iradierea internă a viețuitoarelor este limitată, cu excepția inhalării particulelor de praf, ce conțin minerale din sol. Activitatea specifică a ^{232}Th din produsele cerealiere variază în limitele 1,6 – 33 mBq/kg, în legumele rădăcinoase și fructe: 0,4 – 2,1 mBq/kg, iar în apa potabilă: 0,004 – 9,3 mBq/kg. Activitatea specifică a ^{232}Th ingerat *per capita* timp de un an constituie 2,2 Bq [30, 28].

Pământul, ca și alte planete din sistemul solar, s-au format în urmă cu 4,5 miliarde de ani din substanțe bogate în Fe, C, O, Si și alte elemente cu greutatea medie sau grele [30].

Cea mai mare parte din elementele formate inițial în scoarța terestră au fost radioactive, dar ulterior s-au descompus (dezintegrat) în nuclee stabile. Doar unele din elementele radioactive, cu viață lungă sunt prezente în toate corpurile din sistemul solar. Ele formează partea principală a radioactivității mediului, numită și radioactivitate naturală și sunt, probabil, responsabile de încălzirea interioară a planetelor. Deși, există diverse elemente radioactive naturale, majoritatea au provenit din elementele grele U și Th, care nu au izotopi stabili [32].

A. H. Becquerel, fiind preocupat de cercetarea fluorescenței diverselor materiale, în scopul producerii razelor X, puse în evidență anterior de către savantul W. Roentgen descoperă în a. 1896 fenomenul radioactivității. Inițial, acestea au fost denumite radiații uranice, deoarece ele proveneau din sărurile de uraniu, iar apoi, după descoperirea altor elemente cu proprietăți asemănătoare: ^{232}Th , ^{226}Ra și ^{210}Po , fenomenul a fost denumit „radioactivitate”, termenul fiind datorat principalei surse radioactive – ^{226}Ra [31].

Radioactivitatea constă în emiterea uneia sau mai multor particule încărcate sau neutre, cu masa de repaus zero sau diferită de zero, din interiorul nucleului atomic. Prin acest fenomen nucleul atomului trece dintr-o stare instabilă într-o stare stabilă. Procesul se produce spontan, nefiind determinat de factori exogeni, iar în unele situații este implicat și învelișul electronic al atomului, cum ar fi în cazul conversiei interne a electronilor din straturile interioare (K) [32].

Radioactivitatea prezintă procesul, în rezultatul căruia are loc descompunerea sau dezintegrarea spontană a nucleelor și reprezintă un proces natural. Compoziția izotopică a elementelor se caracterizează prin proprietățile reacțiilor nucleare, care conduce la formarea elementelor chimice. Compoziția elementară a planetei Pământ, considerată a avea vârsta de circa $4,5 \times 10^9$ ani, deși nu este încă în echilibru chimic, reflectă compoziția materialului din care a luat naștere. Există circa 1000 de izotopi radioactivi, dintre care aproximativ 50 se găsesc în natură. Aceștia din urmă sunt izotopi radioactivi, ce apar în mod natural și se găsesc, mai ales, în calitate de izotopi ai elementelor grele. Uraniul și toriul, de exemplu, cunoscuți cu mult înainte de descoperirea radioactivității, pot fi găsiți în starea lor naturală, distribuiți în diverse straturi ale scoarței Pământului și în toate tipurile de roci și soluri [32, 30].

Existența în sol a materialelor, care conțin elemente radioactive naturale, numite și materiale de tip NORM (*Naturally Occurring Radioactive Materials*), reprezintă unul din factorii care contribuie la expunerea în mod sistematic a populației la radiații ionizante. Cunoașterea distribuției elementelor radioactive naturale în sol este foarte importantă pentru înțelegerea comportării radioactivității în ecosistem, deoarece prin dezintegrarea acestora, ele contribuie la doza totală absorbită, nu numai prin iradierea externă, ci și prin ingestie și inhalare.

Iradierea externă este produsă, mai ales, de radiația *gamma*, rezultată prin dezintegrarea elementelor din seriile naturale ale ^{238}U , ^{232}Th și ^{40}K . Atât ^{40}K , cât și seriile naturale ale ^{238}U și ^{232}Th din scoarța terestră emit radiații *gamma*, care constituie radiația *gama* terestră – principala sursă, ce contribuie la iradierea externă a organismelor vii. Concentrația elementelor radioactive în sol variază, în funcție de poziția geografică și de tipul solului, fiind dependentă de compoziția mineralogică a acestuia [33].

Un nivel sporit al radioactivității naturale este asociat rocilor vulcanice, cum ar fi granitul, în timp ce valorile diminuate ale radioactivității naturale corespund rocilor sedimentare cu excepția rocilor argiloase sau fosfatice, care pot avea un conținut mai mare de radionuclizi. Expunerea la sursele naturale de radiații este frecvent modificată de practicile umane, cum ar fi, industria de extragere a cărbunelui și a fertilizatorilor. Din sol și de la suprafață acestuia, radionuclizii naturali sunt transferați în plante și mai departe în hrană și în organismul uman. Contaminarea plantelor are loc în două moduri: contaminarea directă și indirectă. Contaminarea directă are loc prin depunerea radionuclizilor din atmosferă sau din resuspensia prafului direct pe suprafața plantei. Contaminarea indirectă constă în absorbția radionuclizilor prin rădăcini [34, 18].

Radioactivitatea naturală prezentă în apele de suprafață continentale și în apele subterane se datorează prezenței elementelor radioactive în scoarța terestră. În plus, activitățile umane, cum ar fi extragerea și procesarea minereurilor de uraniu, industria fertilizatorilor și a cărbunelui, pot provoca creșteri ale radioactivității mediului și pot ajunge în apele de suprafață sau se pot infiltra în pânza freatică. Apele naturale conțin izotopi din seriile naturale ale ^{238}U , ^{232}Th și ^{40}K ale căror concentrații se situează într-o gamă foarte largă de valori și care sunt responsabili în general pentru o mică parte a dozei totale, încasate de organismul uman, datorate radioactivității naturale. Dintre izotopii naturali, prezenți în apele de suprafață curgătoare, cel mai important este ^{40}K . În râurile care străbat soluri obișnuite cu conținut al radionuclizilor primordiali în concentrații medii globale, concentrațiile de ^{238}U și ^{226}Ra sunt sub limita de detecție sau extrem de mici [35, 36, 37, 38].

Radioactivitatea naturală este datorată prezenței radioizotopilor naturali din seriile radioactive ale ^{235}U , ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th și ^{40}K în scoarța terestră și în mediul înconjurător, precum și a radionuclizilor cosmogenici ^3H , ^7Be , ^{10}Be , ^{14}C , ^{22}Na și ^{24}Na . Contribuția radiației naturale la expunerea populației impune necesitatea măsurării fondului natural de radiații și a concentrației elementelor radioactive naturale în principalele componente ale mediului, inclusiv în sol, vegetație, apele de suprafață și freatice, aer și depuneri atmosferice, precum și determinarea

concentrației radonului atmosferic, îndeosebi în aerul interior al locuințelor [2, 6, 7, 39, 40, 41, 42].

Din primele clipe ale vieții, fiecare ființă este supusă acțiunii radiațiilor ionizante. Aceste radiații sunt de proveniență terestră, cauzate de structura internă a Pământului sau provin din spațiul cosmic (radiația cosmică). Până la începutul secolului al XX-lea, singura sursă de iradiere a populației era datorată radioactivității naturale. Chiar și în prezent sursele naturale de radiații sunt principala cauză a iradierii populației. În medie, *per capita*, echivalentul dozei primit de populația de pe glob constituie 2,8 mSv/an. S-a stabilit că 2,4 mSv/an provin de la surse naturale: radiația cosmică și radionuclizii cosmogenici – 0,39 mSv/an; radiația terestră – 0,48 mSv/an; iradierea internă prin inhalarea radionuclizilor, în special ^{222}Rn – 1,26 mSv/an și radionuclizi ingerați – 0,29 mSv/an [8, 43, 44, 45].

Este important de menționat că, diapazonul în care variază radioactivitatea fondului natural este destul de vast, intervalul tipic fiind 1-10 mSv/an [UNSCEAR, 2008, Anexa B], iar în unele regiuni din lume sunt raportate valori de ordinul sutelor de mSv/an. Printre factorii, care influențează indicatorul în cauză pot fi menționați: concentrația de radionuclizi din sol și din rocile componente, condițiile geologice și localizarea geografică [46, 47, 46, 47].

Este cunoscut faptul că populația este expusă continuu la niveluri diminuate de radiații ionizante, cum ar fi: radiațiile terestre, radiațiile cosmice, tratamentul medical, radonul, produsele alimentare, precum și materialele de construcție – plăcile de gips, betonul etc. Actualmente sunt cunoscute puține informații cu privire la emisiile de radiații și dozele asociate acestora, provenite din materialele naturale de finisare a construcțiilor: piatra și blaturile din granit din locuințe. În vederea abordării acestui decalaj de cunoștințe, s-a determinat radioactivitatea brută, activitatea razelor *gama* și a debitului dozei plăcilor de granit, comercializate în scopul utilizării ca materiale de finisare. S-a stabilit că, indicii analizați au variat semnificativ în probele de granit. Concentrațiile maxime ale activității ^{40}K , ^{232}Th și ^{226}Ra în serie au constituit 2715 Bq/kg, 231 Bq/kg și 450 Bq/kg respectiv,. doza de radiații anuală, estimată la petrecerea a 4 ore/zi într-o bucătărie ipotetică a variat între 0,005 – 0,18 mSv/h, în funcție de tipul de granit. Astfel, rezultatele cercetărilor denotă că probele de granit conțineau niveluri diferite de izotopi radioactivi, în funcție de tipul acestuia și că emisiile observate sunt în concordanță cu cele raportate în literatura de specialitate anterior [48, 49].

Prezintă interes cercetările efectuate din Spania referitor la concentrațiile de radon în locuințe. Măsurătorile au fost realizate în mai mult de 100 de locuințe (1500 de puncte), situate în regiunea Galicia, în zona de Nord-Vest a Spaniei. Locuințele au fost selectate aleator, în funcție de aspectele geologice ale regiunii. Ulterior, cercetările au continuat în cadrul proiectului

național, numit tratatul MARNA, care a fost demarat cu scopul cartării radiațiilor naturale pe teritoriul Spaniei. În cadrul studiului au fost efectuate 300 de măsurători a radiației *gama* externe, precum și 300 de măsurători ale conținutului de ^{226}Ra , ^{232}Th și ^{40}K în sol. În ceea ce privește radonul, s-au efectuat 300 de măsurători la adâncimea de 1 m în sol. Totodată, s-a determinat concentrația radonului în 600 de locuințe. Rezultatele cercetărilor au constatat că determinarea conținutului de radon din sol poate da o apreciere a radonului din interior, cu posibilitatea prevenirii impactului nociv asupra sănătății [50].

De obicei, radionuclizii naturali sunt prezenți în rocă, sol, plante, apă și aer. Informațiile despre concentrarea acestor radionuclizi naturali în mediu și efectul lor asupra mediului ambiant, dar și asupra organismului uman, prezintă interes pentru mai multe domenii ale științei, inclusiv ingineria mediului. Prin urmare, cunoașterea distribuției materialelor din piatră naturală, provenită din rocile predominante, care pot fi o sursă ce conține niveluri sporite de radionuclizi naturali este imperios necesară. Radionuclizii prezenți în mod natural în sol și care au o semnificație deosebită pentru teritoriul Republicii Moldova includ: ^{226}Ra , ^{232}Th și ^{40}K . Radiațiile *gama*, emise de acești radionuclizi naturali, reprezintă una din principalele surse de iradiere a organismului uman și contribuie la totalul dozei absorbite prin inhalare, ingestie și iradiere externă. Prezența radionuclizilor sus menționați în cantități sau concentrații sporite, ce depășesc nivelul admis în Normele Fundamentale de Radioprotecție devine un pericol real pentru sănătate [9, 51, 52].

Studiul privind măsurarea concentrației activității radionuclizilor naturali și concentrației de radon pe teritoriul Republicii Moldova, cât și a radionuclizilor naturali în produsele importate, îndeosebi din țările vecine (Ucraina, România) are o semnificație importantă pentru Serviciul de Supraveghere de Stat al Sănătății Publice. Un astfel de studiu este util în stabilirea inofensivității produselor utilizate din mediul ambiant și la evaluarea riscului pentru sănătatea publică. Pentru a măsura concentrația de activitate naturală a radionuclizilor din probele de sol, materiale de construcție, apă și produse alimentare, acestea sunt investigate și monitorizate de pe întreg teritoriul țării. Atenție deosebită se acordă celor importate, pentru a fi normate [53].

Măsura expunerii populației la radiații ionizante este doza anuală efectivă, primită de un individ și ea poate fi analizată din mai multe puncte de vedere: al expunerii interne și externe sau al expunerii la radiația naturală sau artificială. Expunerea populației se face pe două căi: expunere externă prin iradierea în câmpuri de radiații X și *gama*, datorate radiației cosmice, câmpului de radiații pe contul radionuclizilor din scoarța terestră și radonului, și internă în urma inhalării și ingestiei radionuclizilor. Pentru majoritatea populației expunerea la fondul natural de radiații este mult mai mare, în comparație cu expunerea la sursele artificiale, create de om.

Radionuclizii naturali sunt prezenți în toate materialele în diverse concentrații. Materialele cu un nivel mai pronunțat de radioactivitate datorată radionuclizilor primordiali sunt catalogate ca fiind din categoria NORM [54, 55, 56].

Contribuția radiației *gama* terestre este destul de modestă, debitul dozei acesteia în aer fiind de 0,59 nGy/h, reprezentând cca 13% din expunerea totală. Valorile dozei absorbite în aer pe glob de la radiațiile *gama* terestre au o variabilitate largă, constituind 10 – 200 nGy/h. Valoarea medie a debitului dozei absorbite de la componenta direct ionizantă și de la fotonii radiației cosmice la nivelul mării este relativ constantă, constituind 31 nGy/h, valoare care se sunează la contribuția radiației terestre la doza externă [59], rezultând cu 90 nGy/h, ceea ce reprezintă valoarea de fond, estimată la nivel global. Această valoare în funcție de concentrația radionuclizilor primordiali, care la rândul lor variază în funcție de tipul de roci predominante pentru anumite regiuni.

În concluzie putem afirma că radioactivitatea este parte componentă a naturii și că toată materia vie sau moartă conține urme de radioactivitate, adică elemente radioactive (radioizotopi naturali). Acești radionuclizi sunt de origine naturală sau antropogenă și există în diverse niveluri și stări chimice, în toate componentele mediului, îndeosebi în sol [57, 58].

1.2. Proprietățile fizico-chimice ale radonului și principalilor radionuclizi naturali din mediu

Una din sursele importante de expunere a populației la radiații reprezintă ^{222}Rn . Izotopii acestuia sunt printre primii izotopi radioactivi, descoperiți la începutul secolului. Fiind un gaz nobil radioactiv, produs în seriile naturale de dezintegrare ale uraniului și toriului, contribuie cu aproximativ 70% la expunerea la radiații naturale a populației și cu 50% la expunerea totală la radiații ionizante. Expunerea prin inhalare la izotopii ^{222}Rn și descendenții lor de viață scurtă, constituie un factor de risc major pentru incidența cancerului bronhopulmonar.

Prin capacitatea de acumulare în aerul interior al locuințelor, concentrațiile de radon pot crește până la valori foarte mari. Ultimele rapoarte UNSCEAR arată că din cei 2,4 mSv/an la care este expusă populația, contribuția izotopilor ^{222}Rn și descendenților lor de viață scurtă constituie 1,25 mSv/an. ^{222}Rn atmosferic are o contribuție modestă, de numai 9%, la expunerea populației, comparativ cu radonul acumulat în spații închise. Valorile concentrației izotopilor radonului din aerul exterior variază foarte mult pe suprafața globului, depinzând de foarte mulți factori, și, deși, contribuie mai puțin la expunerea populației, cunoașterea concentrației radonului atmosferic și studiul fenomenelor, care influențează fluctuațiile ei, constituie un obiectiv foarte important în studiul radioactivității ambientale. Cercetarea radonului atmosferic și determinarea concentrației descendenților ^{222}Rn atmosferic pot fi utile în măsurarea indirectă a izotopilor

^{226}Ra , la estimarea dozelor, ca indicator al fenomenelor de transport atmosferic sau prezicerea cutremurelor [59, 60].

Radonul este un radionuclid natural și prezintă cel mai greu gaz nobil radioactiv. Sunt cunoscuți trei izotopi ai radonului cu greutate atomică diferită: ^{219}Rn (actinon), ^{220}Rn (radon) și ^{222}Rn (toron). Izotopii ^{222}Rn și ^{220}Rn se formează continuu în crusta terestră prin dezintegrarea uraniului și toriului, existente în diverse tipuri de roci. Radonul fiind un element gazos și având o reactivitate chimică destul de mică în condiții normale migrează prin capilarele solului și ajunge în atmosferă. Cantitatea de radon, toron și actinon din aer depinde, în primul rând, de concentrațiile în care se găsesc elementele generatoare în sol. Deci, o zonă bogată în uraniu este caracterizată de concentrații mai mari de radon la suprafața solului. Eficiența radiului conținut în sol, la generarea radonului în pori și capilare, depinde nu numai de concentrația acestuia, ci și de fracțiunea de atomi din sol și roci, care sunt localizați la suprafața capilarelor în roci, astfel încât atomii de radon formați prin dezintegrare să poată pătrunde în porii și capilarele solului [27, 61, 89].

În total sunt cunoscuți peste 20 de izotopi radioactivi ai radonului (^{222}Rn), dintre care cei mai importanți sunt radonul (^{222}Rn), toronul (^{220}Rn) și actinonul (^{219}Rn), care emit radiații ionizante *alfa* extrem de dăunătoare pentru populație, atunci când acestea sunt inhalate [62].

Izotopii sus-menționați apar ca produși intermediari în dezintegrarea ^{238}U , ^{230}Th și ^{235}U . Fiind un gaz nobil și neparticipând la reacții chimice, radonul este prezent peste tot în roci, în soluri, în apele superficiale și de adâncime. De asemenea, el poate fi degajat din materialele solide sau lichide, fiind prezent în aer, în atmosfera peșterilor și a minelor, în atmosfera exterioară, cât și în interiorul locuințelor și, de asemenea, în gazele naturale, în concentrații diverse. Datorită procesului de difuzie sau transport prin crăpăturile și fisurile rocilor, dizolvându-se în apele subterane radonul este prezent în multe ape și gaze naturale, unde lipsește radiul. În atmosferă ajunge difuzând spre suprafață din sol, această exalație formând fluxul de radon al scoarței terestre [63, 75].

Radonul și izotopii săi naturali este degajat din substanțele radioactive existente în sol. Din toți izotopii, doar ^{222}Rn ajunge în atmosferă sau în apele subterane într-un timp mai îndelungat. Deși raportul de echilibru cu radiul în greutate este numai de $6,5 \cdot 10^{-6}$, totuși este considerat un gaz foarte dispersat. Abundența sa variază în funcție de altitudine. De asemenea, mai există în unele gaze naturale (S.U.A.) și în cantități mici în apele râurilor și oceanelor. Unele izvoare termale și surse de apă de profunzime (sonde arteziene) conțin cantități mai mari de radon [64].

Durata vieții toronului și actinonului este scurtă, de aceea nu se pune problema separării și purificării lor. Actinonul este adsorbit energic de cărbunele activ și de alte substanțe solide, mai ales, de oxizii și oxalații elementelor rare, cu excepția celor de lantan.

Actinonul (^{219}Rn) în condiții normale se prezintă ca un gaz ce poate fi condensat la -65°C , având o solubilitate apreciabilă în numeroase lichide și apă. Toronul (^{220}Rn) gazos se condensează la -120°C și este solubil în apă și în solvenți organici. Radonul este un gaz incolor cu perioade de înjumătățire $T=3,8232$ zile. Prin condensare devine un lichid incolor cu punctul de fierbere -65°C , la 760 mm Hg. În stare solidă are o culoare oranj-roșcată pală. Punctul său de topire este -113°C , iar temperatura critică $-104,4^{\circ}\text{C}$. Potențialul de ionizare al radonului constituie 10 eV, indicele de refracție $n=1,00092$, iar constanta dielectrică $\epsilon=1,00184$. Este solubil în apă și mult mai solubil în alcool și alți dizolvanți organici. Radonul este puternic adsorbit de cărbune, gelul de silice (silicagel) parafină, cauciuc, platină etc. Adsorbția de către cărbunele de nucleu de cocos este cantitativă. Căldura de adsorbție (ΔH_{ads}) pentru gelul de silice constituie 6800 cal/mol. Degajarea gazului are loc datorită reculului câștigat la dezintegrare și difuziunii, deci depinde de o serie de caracteristici ale solidului. Ca și celelalte gaze rare, radonul poate forma prin interacțiuni van der Waals compuși instabili. Cercetările chimice asupra radonului sunt dificile datorită faptului că este element radioactiv și este cel mai stabil izotop din punct de vedere al timpului de înjumătățire – 3,83 zile [65, 66].

Studiile teoretice și experimentale au stabilit că sursa principală a radonului din aer și apă este radonul, generat în sol/roci și transportat prin difuzie și/sau convecție de la locul de formare. A doua sursă în ordinea importanței pentru radonul din aer o reprezintă materialele de construcție ale diverselor încăperi. Radonul, fiind un element cu mobilitate mare, este practic imposibil de fixat prin reacții chimice. El este generat continuu de sursele de radon din sol și degajat de materiale de construcție, din care cauză este omniprezent. Astfel, este necesară efectuarea monitorizării permanente a concentrațiilor de radon pentru protecția sănătății populației [67, 68, 69].

Cuantificarea concentrațiilor de radon în interiorul locuințelor de tip individual sau de tip bloc, unele încăperi ale localurilor instituțiilor de stat: instituții medicale, arhive, laboratoare, depozite, precum și în unele mine de extragere a pietrei și galerii subterane din satele Cricova, Mileștii Mici și mun. Chișinău constituie obiectivul principal în monitorizarea radonului pe teritoriul Republicii Moldova. Nesupravegherea nivelului de radon în încăperile de risc: locuințele din zona de risc, adică la parter, locuirea în locuințe fără fundament, activitatea muncitorilor din mine, unde sunt expuși la concentrații sporite de radon, care contribuie la înrăutățirea condițiilor de muncă, condiționează schimbarea pe viitor a indicilor generali și

1.3. Caracteristica radionuclidică a radonului (^{222}Rn) și răspândirea lui în natură

Există, cel puțin, trei aspecte diferite de mare importanță vizând studierea radonului, inclusiv răspândirea și migrarea acestuia [71, 89].

Lanțul de dezintegrare a Uranului 238 radioactiv

4,5 billion

250000 ani

1,17

80 000 ani

24 zile

1602 ani

3,8 zile

3

27 min

19,7

160 μsec

5 zile

13 zile

22 zile

Stabi

Alpha

Beta

Gamma

Al doilea aspect este legat de potențialul de radon și exalația sau fluxul de radon, provenit de la suprafața pământului. În acest context, sunt foarte importante eventualele

anomalii, care pot pune în evidență aglomerări de substanțe radioactive sau prezența unor falii tectonice. În ultimul timp se ia în considerare și se experimentează posibilitatea prevederii cutremurelor de pământ cu epicentre localizate pe baza determinărilor variațiilor temporale ale fluxului de radon și a concentrației de radon din sol și din apele de adâncime [72].

Al treilea aspect, foarte important, este condiționat de radonul din interiorul locuințelor. Dacă în aerul exterior concentrația radonului este în medie de $4-8 \text{ Bq/m}^3$, cu o variație considerabilă în funcție de condițiile geologice și meteorologice, în interiorul locuințelor, prin acumulare, el produce valori de $20-80 \text{ Bq/m}^3$, ajungând, în unele cazuri, până la $2000-4000 \text{ Bq/m}^3$ [39, 84, 89].

Importanța măsurătorilor concentrației de radon în interior a generat necesitatea elaborării diferitelor modele teoretice și efectuării numeroaselor cercetări experimentale, privind migrarea și acumularea radonului în locuințe [73].

Sursele principale ale radonului din locuințe sunt în ordinea importanței: exalarea radonului din sol, emanarea din materialele de construcție, componente ale locuinței, apa folosită pentru spălat și gătit, precum și gazul utilizat în bucătărie sau în sobe pentru încălzit. În multe țări dezvoltate astăzi există valori recomandate, unele chiar și de intervenție (spre exemplu, 200 Bq/m^3 în Anglia), la depășirea cărora sunt necesare acțiuni suplimentare de reducere a nivelului de radon în locuințe [74].

Atât specificul amplasării tectonice, cât și utilizarea în construcții a materialelor importate, dar și consecințele Accidentului Nuclear de la Cernobîl impun o monitorizare continuă a nivelului de radioactivitate, inclusiv radonul în Republica Moldova [74].

Radonul (^{222}Rn), fiind sursa principală de iradiere naturală a populației, se descompune (dezintegrează) printr-o serie de izotopi de viață scurtă în izotopul metastabil ^{210}Pb , care prin depuneri umede/uscate revine din nou pe scoarța terestră și în apele de suprafață. ^{222}Rn este izotopul ce prezintă un interes vădit, fiind produs prin dezintegrarea radioactivă a ^{226}Ra , care la rândul său este un produs radioactiv al uraniului. Radonul, deși are un timp de înjumătățire scurt, dezintegrează într-o serie de radioizotopi, sau radionuclizi de viață scurtă solizi, numiți descendenții de viață scurtă ai radonului sau produși de dezintegrare ai radonului [27].

^{222}Ra este cel mai stabil izotop al radonului și provine din dezintegrarea *alfa* a ^{226}Ra din seria ^{238}U , fiind singurul izotop gazos aparținând acestei serii cu timpul de înjumătățire de 3,82 zile. Ceilalți doi izotopi: ^{220}Rn (toronul) și ^{219}Rn (actinonul), provin din seriile ^{232}Th și ^{235}U și au un timp de înjumătățire mult mai mic, constituind 55,6 și 3,96 s. respectiv Izotopii radonului pot fi detectați în orice tip de materiale, geneza lor constituind dezintegrarea $^{226}\text{Ra}/^{224}\text{Ra}$, care provin

din seria ^{238}U și ^{232}Th din sol. Conținutul de uraniu și toriu din roci determină concentrația de radon și toron din sol. Radonul contribuie cu mai mult de 50% la doza efectivă, datorată expunerii la radiații a populației fiind al doilea factor, după fumat, care contribuie la mortalitatea prin cancer bronhopulmonar. Acestea reprezintă doar două dintre motivele pentru care se acordă o atenție specială atât cunoașterii concentrației de radon în atmosferă, cât și în spații locuite, precum și factorilor, care contribuie la modificarea acestuia [27].

Radiul și toriul din sol, apă și alte componente ale mediului ambiant reprezintă principala sursă a radonului și toronului atmosferic. Sursa majoră de radon constituie formarea și degajarea acestuia de către scoarța terestră și apele subterane, cea mai mare contribuție având-o solul. Mecanismele proceselor fizice de emanare a radonului și toronului în atmosferă sunt foarte complexe și la moment sunt insuficient studiate. Emanarea izotopilor radonului de la suprafața solului în aerul atmosferic depinde de caracteristicile solului și de condițiile meteorologice. Principalele fenomene prin care gazele radioactive ajung în atmosferă constituie emanarea din spațiile dintre granulele solului, urmată de difuzia și advecția prin spațiile interstițiale ale solului și eliberarea lor în atmosferă prin fenomenul numit exhalare [30].

Emanarea ^{222}Rn din sol depinde, în primul rând, de concentrația ^{226}Ra și ^{224}Ra din sol. Printre factorii fizici, care influențează emanarea radonului, mai pot fi enumerați: umiditatea, porozitatea, granulația și temperatura solului, precum și temperatura și presiunea atmosferică. Atomii de radon după ce au părăsit faza solidă, indiferent de mecanism, vor fi supuși unui transport prin difuziune, datorită prezenței unui gradient de concentrație, prin advecție, datorită curentului de aer și apă sub acțiunea unui gradient de presiune hidrostatică și a unui gradient de presiune, datorită forțelor capilare [75].

Modul de transportare a radonului depinde de tipul solului, umiditatea acestuia și condițiile geologice. Procesul de difuzie a atomilor din capilarele solului în atmosferă se petrece prin exhalare [76]. Adâncimea de la care radonul este transferat din sol în atmosferă depinde de tipul solului, de umiditatea acestuia, de tipul izotopilor și de condițiile geologice. Astfel, adâncimea de la care ^{222}Rn migrează spre suprafața terestră constituie 1-2 m în solurile nesaturate. Pentru solurile nisipoase poate fi mai mare (până la câțiva zeci de m), iar în solurile saturate și compactate este mai mică. Concentrația radonului din atmosferă este determinată de fluxul acestuia [77].

Concentrația radonului și a descendenților săi în atmosferă depinde de locul, timpul, înălțimea deasupra solului și condițiile meteorologice. Distribuția în atmosferă după exhalarea acestuia din sol este determinată, în special, de difuzia turbulentă și este limitată doar de dezintegrarea radioactivă [78].

Unii autori consideră că, deoarece ^{222}Rn nu se atașează de aerosoli, procesele atmosferice uscate sau umede de transportare nu influențează variațiile concentrației acestuia în atmosferă. Este bine cunoscut că riscul, asociat expunerii la radon nu este datorat gazului în sine, ci descendenților acestuia. Durata vieții acestora este scurtă, în comparație cu a radonului, din care cauză este imposibil de identificat gazul ^{222}Rn neînsoțit de descendenții săi de viață scurtă. Măsurătorile radioactivității radonului se referă, de fapt, la măsurarea concentrației descendenților acestuia. Concentrația radonului în atmosferă este determinată de fluxul radonului și dispersia acestuia în atmosferă, ambele fiind afectate de condițiile atmosferice. Variațiile diurne ale radonului sunt datorate, mai ales, instabilității atmosferice, iar cele sezoniere – circulației maselor de aer [42, 79, 80, 81, 82].

Luând în considerare că ^{226}Ra , care se găsește în toate materialele, provenite din roci și soluri este generatorul radonului, ultimul este omniprezent atât în aerul interior, cât și în cel exterior. Unii autori consideră că în pofida faptului că radonul poate fi depistat în materialele de construcție, provenite din rocile solului adiacente, apele de profunzime, aerul exterior și cel de interior, totuși și transportul gazelor bogate în radon din solul adiacent locuințelor, este cea mai predominantă sursă de expunere la radon în interior, în special în clădirile cu concentrații sporite, și anume, cele din zonele de risc: subsol, demisol și parter [74, 86, 83].

Rata schimbului de aer interior-exterior al unei clădiri este un alt factor, care influențează concentrația de interior în final, dar rata permeabilității gazului din sol are o influență mult mai puternică. Atât rata permeabilității solului, cât și a schimbului de aer interior-exterior sunt afectate de condițiile exterioare, cum ar fi viteza vântului și diferențele de temperatură interior-exterior. Totodată, factorii fizici, cum ar fi: geologia, precipitațiile și tipul fundamentului locuinței, influențează considerabil fluxul radonului în interior. Dat fiind faptul că condițiile de pătrundere a radonului în locuințe pot varia zilnic sau sezonier, interacțiunea dinamică a tuturor factorilor are un rol important în determinarea concentrațiilor de radon în interiorul locuinței [74].

1.4. Determinarea concentrațiilor de radon în ape

Unele din principalele surse de ^{222}Rn sunt apele subterane: fântâni, izvoare etc. Prin urmare, utilizarea apelor subterane cu o concentrație sporită de ^{222}Rn poate crește riscul de expunere a populației, contribuind la dezvoltarea cancerului pulmonar și a cancerului stomacului. Consumul de apă, care conține concentrații sporite de ^{222}Rn contribuie la mărirea dozei efective, primită de diferite grupuri de vârstă, urmată de o prevalență crescută a cancerului pulmonar și

stomacal. S-a demonstrat că 89 % din riscul estimat al declanșării maladiilor oncologice a rezultat din inhalarea ^{222}Rn emis din apă, iar 11% a fost cauzat de ingestie prin alte căi [84, 71].

Conform Legislației Comisiei Europene nr. 160 din 2016 cu privire la substanțele radioactive din apa potabilă, autoritățile locale trebuie să asigure supravegherea concentrațiilor de ^{222}Rn din apa destinată consumului uman, care provine din diferite tipuri de surse de ape subterane și fântâni din diferite zone geologice. În anchetele de supraveghere neapărat trebuie să fie identificați și folosiți pentru a se lua în continuare măsuri pentru expunerea populației la ^{222}Rn , următorii indicatori: geologia și hidrologia zonei, radioactivitatea rocilor sau a solului, și tipul sursei de apă [85].

Monitorizarea concentrațiilor de radon în apă se realizează în cazul în care valoarea parametrică stabilită de 500 Bq/l este depășită [100]. În Republica Moldova Normele Fundamentale de Radioprotecție (NFRP-2000) stabilesc norma de ^{222}Rn în apa potabilă de 60 Bq/kg [86].

Nivelul concentrației de ^{222}Rn în apă variază într-o gamă largă. În apele de suprafață, nivelurile concentrației de ^{222}Rn sunt în general foarte scăzute, și variază în intervalul a câtorva kBq/m³ [87], în timp ce în apele subterane, concentrația ^{222}Rn se încadrează în intervalul de la 1 la 50 kBq/m³. În acvifere și roci sedimentare, de la 10 la 300 kBq/m³ în fântâni foarte adânci și de la 100 până la 50 000 kBq/m³ în rocile cristaline [88].

Măsurarea concentrației de ^{222}Rn în apele naturale: izvoare, fântâni și apele subterane poate furniza informații despre depozitele de ^{238}U ascunse. Supravegherea dinamică a ^{222}Rn în apa potabilă este necesară pentru a proteja publicul larg de pericolele asupra sănătății, provocate de inhalarea ^{222}Rn . Concentrații sporite de ^{238}U au fost observate în probele de sol din împrejurimile apelor, care conțin concentrații de ^{222}Rn și ^{226}Ra relativ mai mari, iar calcularea dozei relevă faptul că consumul regulat al apei din probele respective, prezintă o doză suplimentară de radiații până la 4 mSv/an [89].

Mai multe studii au fost efectuate pentru monitorizarea concentrațiilor de ^{222}Rn din diferite surse de alimentare a populației cu apă potabilă. Astfel, prezintă interes monitorizarea ^{222}Rn în apele subterane ale acviferului Northeastern Gran Canaria. În acest studiu, ^{222}Rn a fost detectat în 28 de probe prin utilizarea unui sistem cu circuit închis, care constă dintr-un monitor AlphaGUARD, ce măsoară gradul de concentrare a activității ^{222}Rn în aer prin intermediul unei camere de ionizare, precum și a unui set AquaKIT, care transferă ^{222}Rn dizolvat în eșantioane de apă în contact cu aerul prin interiorul unui circuit. Concentrațiile de ^{222}Rn în probele de apă studiate au variat între 0,3 și 76,9 Bq/l. Legislația spaniolă privind protecția radiologică limitează concentrația de ^{222}Rn pentru apa potabilă la 100 Bq/l, prin urmare, valorile obținute pentru

probele analizate se situează sub acest prag. Acest studiu hidrogeologic relevă o dependență semnificativă între concentrația ^{222}Rn și materialul caracteristic acviferului. Cu toate că concentrațiile ^{222}Rn în probele studiate au fost sub limita permisă de legislație, totuși autorii recomandă luarea unor măsuri pentru îmbunătățirea calității apei potabile [90].

De asemenea, s-au efectuat mai multe studii pentru măsurarea ^{222}Rn în apa îmbuteliată. Un studiu relevant a fost efectuat de către cercetătorii **Yadollah Fakhri și colaboratorii (2016)**, care au cercetat 72 de mostre din cele mai frecvent utilizate ape îmbuteliate din Bandar Abbas, ce au fost colectate în 3 luni consecutiv: mai, iunie și iulie, 2013. Concentrația ^{222}Rn a fost măsurată cu modelul RTM1688-2. Rezultatele denotă că concentrația medie a ^{222}Rn în apa îmbuteliată constituia $641 \pm 9 \text{ Bq/m}^3$. S-a stabilit că sugarii au primit o doză efectivă mai mare decât copiii. Cea mai mare și cea mai mică doză efectivă a fost cea primită de către bărbații adulți și respectiv copii [91]. Concentrația medie a ^{222}Rn în toate tipurile de apă îmbuteliată s-a dovedit a fi mai mică decât limitele standard, stabilite de OMS [92].

Un studiu interesant asupra ^{222}Rn s-a efectuat în orașul Minab, unde a fost măsurată concentrația ^{222}Rn în apa de robinet la temperaturile de 5°C și 15°C . Doza efectivă a fost calculată prin ecuațiile propuse de UNSCEAR. Concentrația medie geometrică a ^{222}Rn în apa potabilă constituia $0,78 \pm 0,06 \text{ Bq/l}$ și $0,46 \pm 0,04 \text{ Bq/l}$, la 5°C și 15°C respectiv. Dozele efective constituiau $0,006$ și $0,003 \text{ mSv/an}$ pentru adulți și respectiv $0,011$ și $0,007 \text{ mSv/an}$ – pentru copii. Totodată, doza efectivă pentru adulți prin inhalarea ^{222}Rn la 5°C și 15°C respectiv a constituit $0,0021$ și $0,0012 \text{ mSv/y}$. Concentrația medie geometrică a ^{222}Rn în apa de băut, la temperaturi de 5°C și 15°C ($0,78 \pm 0,06 \text{ Bq/l}$ și $0,46 \pm 0,04 \text{ Bq/l}$) a fost mai mică decât limitele standard EPA și OMS. Autorii au depistat că doza anuală efectivă, primită prin inhalarea și consumul ^{222}Rn din apa potabilă la copii era mai mare, decât la adulți. De asemenea, dozele efective primite de ambele grupuri de vârstă, erau cu mult mai mici decât limitele standard stabilite de EPA și OMS. Creșterea temperaturii reduce concentrația de ^{222}Rn în apa potabilă, urmată de o reducere a dozei efective. Autorii recomandă reducerea dozei efective populației prin consumarea apei la temperaturi mai ridicate [93].

În Palestina s-a efectuat un studiu descriptiv asupra concentrațiilor de ^{222}Rn în apa potabilă. În urma studierii surselor ce alimentează populația cu apă potabilă din fântâni, izvoare, apă de robinet, au fost depistate concentrații sporite de ^{222}Rn , dar nu au depășit norma admisibilă de 100 Bq/l , stabilită de Agenția de Protecție a Mediului Înconjurător din SUA (U.S EPA MCL) [94]. Astfel, concentrațiile ^{222}Rn în izvoare și fântâni a constituit respectiv $4,6 \text{ Bq/l}$ și $9,5 \text{ Bq/l}$. În apa de robinet concentrațiile de ^{222}Rn au constituit $1,0 \text{ Bq/l}$. Cu toate că concentrațiile radonului din sursele de apă studiate nu au depășit norma 100 Bq/l admisă de legislație, autorii recomandă

implementarea măsurilor preventive pentru diminuarea radonului din apa potabilă cu care se alimentează populația [95].

Au fost puse în evidență concentrațiile de ^{222}Rn în probele de apă potabilă din orașul Beijing, China. Un total de 89 de probe de apă au fost prelevate și analizate privind conținutul de ^{222}Rn . Autorii au observat că nivelurile ^{222}Rn au variat de la limita de detecție până la 49 Bq/l. În rezultatul calculării mediilor geometrice și aritmetice pentru toate probele studiate, s-a stabilit că concentrațiile ^{222}Rn constituiau respectiv 5,87 și 4,63 Bq/l. Doza medie anuală efectivă în rezultatul inhalării ^{222}Rn din apa de băut a constituit 2,78 μSv , iar la inhalarea ^{222}Rn exhalat din apă constituia 28,5 μSv . Autorii au concluzionat că atât ingestia ^{222}Rn din apa potabilă, cât și inhalarea ^{222}Rn exhalat din apă, prezintă un pericol radiologic. De altfel, autorii au declarat că ^{222}Rn din apă este o mare preocupare pentru supravegherea sănătății publice, în special pentru consumatorii care utilizează în mod direct apă pentru consum din fântâni cu o concentrație sporită a ^{222}Rn [96].

Investigarea nivelului ^{222}Rn în probele de apă prelevate din diferite surse în mod aleatoriu din diferite zone ale Poloniei s-a efectuat prin tehnica scintilației lichide. Principala sursă a apei potabile pe teritoriul Poloniei o constituie apele subterane, aprovizionate din formațiuni geologice cuaternare, terțiare, cretacice și jurasice. Rezultatele cercetărilor au demonstrat că valorile radioactivității radonului au variat de la 0,42 Bq/dm³ până la 10,52 Bq/dm³, iar valoarea medie geometrică a constituit 1,92 Bq/dm³. În urma calculării dozelor medii anuale efective de la ingestia apei și inhalarea acestui radionuclid, care se evaporă din apă au fost determinate următoarele valori: 1,15 μSv și 11,8 μSv . Autorii subliniază că cantitatea de radionuclizi naturali, inhalați din apă, nu prezintă pericol pentru sănătate. Concomitent se atenționează inhalarea ^{222}Rn , care se evaporă din apă, este o parte substanțială a pericolului radiologic, ca urmare a prezenței radionuclizilor naturali, formați în rezultatul dezintegrării ^{238}U și toriului în apa potabilă [97].

Geologia regiunii. Radonul provine din roci și soluri, care conțin ^{238}U sau ^{226}Ra , dar poate fi emis, de asemenea, de anumite materiale utilizate în industria construcțiilor. Chiar și apa potabilă poate fi contaminată atunci când curge printre roci, care conțin ^{222}Rn . Concentrația ^{222}Rn în aer depinde de cantitatea de ^{238}U din roci și de permeabilitatea solurilor. ^{222}Rn se deplasează ușor în solurile slab compactate. În cazul solurilor impermeabile, acest element plutește în interiorul crăpăturilor până când ajunge în aerul atmosferic.

Concentrația ^{238}U în crusta superioară a Pământului constituie 2,7 mg/kg [98], valori mai mari înregistrându-se în granit (în mod tipic de la 2,2-6,1 mg/kg până la 300 mg/kg), în fosfați (50-300 mg/kg) și în roci organice sedimentare, cum ar fi șistul negru (3-1250 mg/kg). [99]

Potențialul redox al uraniului favorizează reducerea U (VI) în U (IV), care este insolubil, astfel are loc imobilizarea U din apă [100].

Pe parcursul anilor, radonul, atomii căruia migrează în aerul din capilarele solului, ajungând în atmosferă, fie prin difuziune, fie prin transportul determinat de diferențele de presiune și exhalarea radonului în atmosferă depinde de particularitățile geologice și de caracteristicile solului. Geologia Moldovei este dominată de podișul Moldovei al platformei geologice a Europei de Est, iar regiunea de sud este plasată pe Platforma Scifă. Formațiunile sedimentare de gresie, argilă și calcar acoperă fundamentul cristalin. Acestea sunt principalele resurse minerale ale țării și reprezintă baza industriei construcțiilor. Pe teritoriul Republicii Moldova au fost descoperite mai multe depozite de minerale, originare din formațiunile geologice sus-descrie. Majoritatea dintre ele sunt nemetalifere. Ca materiale de construcție sunt folosite pe larg calcarele din perioada neogenului (piatră masivă și spartă, materie primă pentru ciment). Podișul Moldovei se întinde în Nordul țării cu aflorimentele sale aglomerate de calcar, așa-numitele toltre, sau roci sedimentare care au rămas din timpurile antice, când întreg teritoriul era scufundat la fundul oceanului. În Sud, stepa vastă a Bugeacului a devenit cu timpul zona de coastă a Mării Negre. Centrul republicii este preponderent deluros [101].

1.4. Riscul pentru sănătate, cauzat de expunerea la radiații ionizante, inclusiv radon

Efectele biologice ale expunerii organismului la surse de radiații ionizante pot fi grupate în două tipuri: efecte deterministice (reacții tisulare) și efecte stochastice (cancer, efecte ereditare) [33].

Efectele deterministice. Dacă efectul rezultă numai în cazul morții celulare, aceasta va fi observabil clinic doar atunci când doza de radiație este peste un anumit prag. Nivelul pragului depinde de debitul dozei (doza per unitate de timp), de transferul liniar de energie al radiației, organul sau țesutul iradiat, volumul părții iradiate a organului sau țesutului și efectul clinic de interes. Cu creșterea dozelor peste prag, probabilitatea de apariție va crește brusc la 100%, adică fiecare persoană expusă va prezenta efectul, iar severitatea efectului va crește în funcție de doză. CIPR consideră aceste efecte ca „deterministice” [102,103]. CIPR a reactualizat cerințele de radioprotecție de la sursele cosmice în aviație [104, 105, 106].

Efecte stochastice – cancerul și efectele ereditare. Există dovada clară din biologia moleculară și celulară, că deteriorarea ADN dintr-o singură celulă de către radiație poate conduce la dezvoltarea unei celule tumorale, care încă mai este capabilă de reproducere. În pofida sistemelor de apărare ale organismului, care sunt în mod normal foarte eficiente, există o mică probabilitate ca acest tip de deteriorare promovată de influența altor agenți, nu neapărat asociați cu radiația, să ducă la o stare malignă – efect somatic. Dat fiind faptul că probabilitatea

este mică, acest efect va apărea numai la câțiva dintre cei expuși. În cazul expunerii celulelor la radiații ionizante pot apărea efecte ereditare. Probabilitatea apariției unui efect stochastic, cauzat de radiație, crește în funcție de doză și este probabil proporțională cu nivelul dozei în cazul dozelor mici. La doze mai mari, probabilitatea apariției efectului crește adesea în funcție de doză. La doze și mai mari, apropiate de pragurile efectelor deterministice, când au loc reacțiile tisulare, probabilitatea crește mult mai lent și poate începe să descrească din cauza efectului concurent de distrugere a celulei. Aceste efecte atât somatice, cât și ereditare sunt numite „stochastice” [107].

Printre radionuclizii naturali, ^{222}Rn a fost identificat ca fiind a doua cauză de dezvoltare a cancerului bronhopulmonar, după consumul de tutun sau fumat. Fiind cel mai important radionuclid natural contribuitor la doza efectivă din toate sursele naturale, informațiile privind concentrațiile de ^{222}Rn din interior sunt necesare pentru a evalua posibilitatea apariției și gravitatea cancerului bronhopulmonar ca urmare a expunerii la ^{222}Rn . Dat fiind faptul că ^{222}Rn din sol pătrunde prin fisurile tectonice în locuințe, se poate presupune că monitorizarea concentrațiilor din sol, poate fi utilă în estimarea acestuia din mediul interior. Asocierile între concentrația din interior și potențialul de ^{222}Rn din sol, pot fi utilizate în cartarea acestui factor nociv cu indicarea zonelor cu risc major de expunere a populației la radon [108, 109, 110, 111, 112].

Incidență sporită a cancerului la copii, în special, a leucemiei, a fost observată în regiunile cu niveluri de radon mari [113, 29].

Există două căi de dozare, care manifestă interes în cazul în care particulele *alfa* ar putea deteriora celulele stem pentru leucemia limfoblastică acută timpurie. Una dintre ele este dozarea *alfa* la nivelul măduvei osoase, iar a doua este dozarea la nivelul mucoasei bronhice, în cazul în care este depistată o abundență de limfocite circulante. Comparativ cu o expunere de circa 1 mSv pe an din produsele naturale externe de fond, radonul și produșii săi de dezintegrare contribuie cu încă 10 - 60% la doza echivalentă primită de măduva osoasă. O altă cale pentru expunerea T – limfocitelor sau B – limfocitelor prezintă epiteliul traheobronșic. Produșii de dezintegrare ai radonului inhalați se depozitează pe suprafața relativ mică a căilor respiratorii, livrând o doză semnificativă celulelor bazale adiacente sau mucoasei, astfel generând cancerul bronhopulmonar. Expunerea timp de 10 ani la o radioactivitate de $100 \text{ Bq/m}^3/\text{an}$, a constituit circa 1 Sv [114, 132].

Valori majorate de radon, care acționează asupra sănătății, se pot constata și în cazul lucrărilor în subteran, minelor de uraniu și toriu, în special, în industria producătoare de combustibil nuclear, industria materialelor fosfatice etc. Studiile, efectuate pe diferite grupuri de mineri, au pus în evidență o corelație semnificativă între concentrația de radon și riscul declanșării cancerului pulmonar [32, 39].

În rezultatul cercetărilor s-a constatat că riscul dezvoltării cancerului în urma expunerii la radiații ionizante de fond pentru locuitorii din regiunea Adapazari (Turcia) constituie $0,9 \times 10^{-2}$, cu durata medie de viață de 70 de ani [115, 116, 133].

Sunt cunoscute mai multe studii epidemiologice, efectuate în SUA, Canada, Anglia, Suedia, China, Japonia, Cehia, etc.), precum și implementarea unui Proiect European Comun (Franța, Belgia, Germania și Luxemburg), desfășurat în regiunea Ardeni-Eifel, care încearcă să stabilească legătura dintre riscul dezvoltării cancerului pulmonar și expunerea la radon, chiar și în cazul unor concentrații mici, apropiate de cele normale ($40\text{--}300 \text{ Bq/m}^3$) [113, 117].

Organismul uman este expus la radiații ionizante atât pe plan extern, cât și intern, în special la radiații cu particule de înaltă energie cosmică din atmosfera pământului și la izotopii radioactivi din scoarța terestră. Expunerea la ^{222}Rn reprezintă mai mult de 50% din doza anuală efectivă de radioactivitate naturală. S-a stabilit că radonul este agentul cancerigen uman pentru plămâni în baza datelor epidemiologice acceptate și a datelor studiilor experimentale de mutagenză în culturi celulare și pe animale de laborator. Majoritatea studiilor, axate pe cercetarea relației dintre activitatea ^{222}Rn și generarea altor tipuri de cancere denotă o neasociere sau o asociere slabă. Niveluri reduse de radon pot fi găsite în apa potabilă, totuși, radonul eliberat în timpul utilizării apei, contribuie cu cantități mici la concentrația lui din interior. Studiile au demonstrat că riscul cancerului de stomac și alte malignități gastrointestinale, cauzate de radonul din apa potabilă este mic. Numeroase cercetări citogenetice *in vitro* au demonstrat că radionuclizii de diferite tipuri provoacă deteriorări genetice și citogenetice care ar putea avea un rol important în geneza cancerului bronhopulmonar [118, 119, 120, 121].

Investigațiile recente denotă că nivelurile globale de expunere a populației la radiații ionizante continuă să crească, ceea ce motivează cunoașterea și reevaluarea periodică a acestor nivele. Astfel, din datele existente putem constata că în Republica Moldova expunerea naturală, care constituie în medie – 2,49 mSv/an, sau 75,8% din totalul iradierii populației, este principala sursă de iradiere a populației. Printre sursele naturale ponderea principală o are ^{222}Rn – 1,46 mSv/an sau 42,6% din doza efectiv echivalentă medie anuală, asociată expunerii naturale. În Republica Moldova conform Normelor Fundamentale de Radioprotecție, concentrațiile maxim admisibile de radon în interiorul locuințelor constituie $100\text{--}150 \text{ Bq/m}^3$ [1, 81, 122, 123].

Conform datelor statistice oficiale, se estimează un deces de peste 1,3 milioane pacienți anual în întreaga lume, datorat cancerului bronhopulmonar. Incidența apariției cancerului bronhopulmonar depinde foarte mult de momentul în care individul începe a fuma, acesta fiind considerat principalul factor etiologic, sau de perioada în care este expus unor alți factori de risc,

cum ar fi, expunerea la radon. Este necesară cunoașterea acțiunii ^{222}Rn asupra organismului uman și monitorizarea nivelului lui la exalarea din sol și adaptarea la normele naționale și internaționale pentru protecția populației și a expușilor profesional, ceea ce reprezintă o necesitate și prioritate pentru știința și practica medicală [124, 173].

Studierea efectelor nocive ale radiațiilor ionizante manifestate asupra ADN-ului celular, ARN-ului, proteinelor celulare, celulelor, structurilor subcelulare, aparatului mitotic, nucleului celular, cromozomilor, diviziunii celulare și a metabolismului celular este o preocupare imperială a savanților. Particulele *alfa* induc limfocitopenie, trombocitopenie, carcinogeneze și aberații cromozomiale, prin acumularea în țesuturile limfatice. Plutoniul spre deosebire de radon are cele mai studiate efecte carcinogenetice, inducând cancer pulmonar, cancer hepatic, osteosarcom și tumori la gonade, întâlnite frecvent la lucrătorii din minele de uraniu [10, 125].

Dat fiind faptul că radiațiile ionizante naturale își au rolul lor major ca factor de risc asupra sănătății publice, îndeosebi radonul, care este considerat a fi a doua cauză de risc major în dezvoltarea cancerului bronhopulmonar, după fumat, este necesară estimarea riscului atribuibil, inclusiv de la descendenții săi, urmând a fi efectuată prin mai multe analize epidemiologice, care la rândul lor vor permite cuantificarea efectelor radiațiilor ionizante asupra diferitelor stadii ale carcinogenezei, cum ar fi inițierea (dobândirea mutației oferind un avantaj de creștere), promovarea (creșterea clonată a celulelor inițiate) și transformarea (dobândirea mutației, care duce la tumori maligne). Astfel, cunoașterea concentrațiilor radionuclizilor din mediul ambiant, inclusiv din joacă un rol important în stabilirea dozei medii naționale și internaționale pentru publicul larg în scopuri de radioprotecție [126].

Unii autori consideră că expunerea organismului la factorii de risc radiologici este asociată cu dezvoltarea leucemiei și altor tipuri de cancer, cum ar fi melanomul, cancerul renal și cel de prostată. Ca urmare, cele expuse condiționează necesitatea monitorizării radioactivității solului și altor componente ale mediului. Rezultatele acestor investigații au o importanță colosală pentru crearea unei baze de date, cu o ulterioară evaluare repetată și actualizare a datelor. Datele actualizate sunt utile pentru estimarea impactului asupra sănătății și stabilirea mijloacelor de protecție împotriva tuturor surselor naturale de radiații ionizante și modalitatea de explorare a lor. Cu atât mai mult că concentrația radionuclizilor naturali în sol variază, în funcție de localitatea concretă [1, 60, 136, 127, 128, 129, 130, 131].

Cancerul bronhopulmonar datorat expunerii la concentrații sporite de radon, apare ca rezultat al dozei de energie *alfa*, emisă de produșii de dezintegrare ai radonului, ce vizează celulele țintă din plămâni și cele ce căptușesc căile respiratorii. Deoarece depunerea energiei *alfa* în plămâni nu poate fi măsurată direct, deseori este utilizată modelarea pentru a simula

sucesiunea de evenimente în urma inhalării produşilor de dezintegrare ai radonului unui prejudiciu celular. Astfel de eforturi în dozimetrie, combinate cu studiile pe animale de laborator, oferă perspective valoroase şi permit cercetarea diverselor aspecte ale relaţiei cauză-efect, cum ar fi, efectele expunerii cronice la niveluri mici ale concentraţiei de radon [134].

1.5. Mărimi şi unităţi în dozimetrie şi protecţia radiologică

Mărimi şi unităţi ale dozimetriei radiaţiilor ionizante. Activitatea sursei poate fi determinată în unităţi de dezintegrări pe secundă, *Curie* sau *Besquereli*; radiaţiile la care un obiect este expus în *roentgeni*; radiaţia absorbită de un obiect în unităţi de *Razi* sau *Gray*; sau doza radiaţiei în unităţi de remi sau sieverti. Unitatea Curie (Ci), iniţial definită ca activitatea unui gram de ^{226}Ra , este acum definită ca $3,700 \times 10^{10}$ dezintegrări pe secundă. Unitatea Becquerel (Bq), reprezintă o dezintegrare pe secundă şi este utilizată în sistemul SI pentru măsurarea activităţii. Deci, 1 Curie constituie $3,700 \times 10^{10}\text{Bq}$. Roentgenul (R) este cantitatea de radiaţii X sau *gama*, necesară pentru a produce o unitate de sarcină per cm^3 de aer uscat [119, 132].

Unitatea de măsurare a activităţii radioactive a radonului în sistemul internaţional SI este Becquerel (Bq), ceea ce reprezintă o dezintegrare pe secundă. O altă unitate de măsură este picocurie (pCi) – unitate frecvent utilizată în Statele Unite ale Americii, fiind egală cu $3,7 \times 10^{-2}$ dezintegrări pe secundă. Concentraţia radonului în aerul interior sau atmosferic este exprimată în Becquereli pe metru cub (Bq/m^3) sau becquereli per litru (Bq/l) [33].

Există şi riscuri, datorate acţiunii radiaţiei ionizante asupra embrionului/fătului în timpul sarcinii, care sunt asociate cu stadiul sarcinii şi doza absorbită de embrion/făt. Astfel, în timpul perioadei de organogeneză majoră, pot fi determinate malformaţii, în special, în organele aflate în dezvoltare la momentul expunerii. Aceste efecte au un prag de aproximativ 100 mGy [133].

Mărimea fizică de bază, utilizată în protecţia radiologică este doza absorbită mediată pentru un organ sau ţesut, adică doza absorbită medie – energia depozitată în organ/ţesut, raportată la masa acestora sau ţesut. Pentru efectele deterministice, doza absorbită este mediată pe porţiunea cea mai intens iradiată a ţesutului, cum ar fi volumul pielii iradiată în câmpul direct de iradiere. În cadrul mai multor studii ale transformărilor chimice, produse de radiaţiile ionizante, principalul parametru de evaluare cantitativă a acestor transformări este doza absorbită de sistem, mărime ce reprezintă energia cedată de radiaţia ionizantă în unitatea de masă a substanţei prin care aceasta trece. Unitatea de măsură în SI este J/kg, denumită *Grey* (Gy). Însă, dozele absorbite cu aceleaşi niveluri pot cauza diverse efecte biologice. De exemplu, 1 Gy de radiaţie α într-un ţesut produce efecte biologice mult mai grave decât 1 Gy de radiaţie β , deoarece particula α , fiind mai lentă şi cu sarcină electrică mai mare decât particula β , elimină

mai multă energie de-a lungul traiectoriei sale, comparativ cu particula β , ceea ce conduce la concluzia că, deși efectele biologice ale radiațiilor ionizante sunt puternic dependente de doza absorbită în mediul biologic iradiat, acestea sunt strâns legate de tipul radiației ionizante [109].

Doza echivalentă. Doza echivalentă reprezintă doza absorbită în țesut, înmulțită cu un factor, care caracterizează modul în care energia este distribuită în țesut, influențând astfel eficacitatea de a produce efecte reale. Unitatea de măsură în SI pentru doza echivalentă este tot J/kg, dar are denumirea de *Sievert* (Sv). Astfel, doza echivalentă se calculează conform formulei: $H_{T,R} = W_R \cdot D_{T,R}$, unde: $D_{T,R}$ – doza medie absorbită în țesutul T, datorată radiației R iar W_R este factorul de ponderare pentru radiație, $H_{T,R}$ – doza echivalentă reprezentând doza absorbită în țesutul T, ponderată pentru calitatea radiației R (Tabelul 1.1.) [134].

Tabelul 1.1. Factori de ponderare pentru radiație

Tipul de radiație și domeniul de energie	Factorul de ponderare pentru radiație, W_R
Fotoni, toate energiile	1
Neutroni, energia <10 keV	5
Neutroni, energia cuprinsă între 10 și 100 keV	10
Neutroni, energia >100 keV până la 2 MeV	20
Particule α	20

Deci, doza echivalentă constituie un indicator al evaluării riscului pentru un anumit țesut, cauzat de diferite tipuri de radiații. Astfel, 1 Sv de radiație α primită de plămân produce același risc de cancer fatal ca și 1 Sv de radiație β . Totuși, riscul unei tumori fatale per *sievert* nu este același pentru toate tipurile de țesuturi ale organismului. De exemplu, acest risc este mai mic pentru tiroidă, decât pentru plămâni [135].

Doza efectivă (E). Pentru determinarea dozei efective sunt utilizați factorii de ponderare tisulară, reprezentând suma ponderată a dozelor echivalente, provenite din expunerea externă și internă, efectuată pe toate țesuturile și organele corpului și se definește prin expresia: $E = \sum T W_T H_{T,R} = \sum T W_T \sum R W_R D_{T,R}$, unde: w_T – factor de ponderare al țesutului T; w_R – factor de ponderare al radiației R; $H_{T,R}$ – doza echivalentă reprezentând doza absorbită în țesutul T, ponderată pentru calitatea radiației R; $D_{T,R}$ – doza absorbită mediată pe țesutul T, datorată radiației R. Factorii de ponderare tisulară w_T variază în funcție de țesut (Tabelul 1.2.) [118, 121, 122].

Tabelul 1.2. Factori de ponderare tisulară

Țesut sau organ	Factor de ponderare tisulară, W_T	ΣW_T
Măduva osoasă, colon, stomac, sân, plămân, restul țesuturilor (inimă, rinichi, pancreas, prostată și splină).	0,12	0,72
Gonade	0,08	0,08
Veziică biliară, esofag, ficat și tiroidă.	0,04	0,16
Oase, creier, glande salivare și piele.	0,01	0,04
Total		1,0

CȘNU actualizează permanent conceptul de niveluri de acțiune pentru radon în locuințe și la locurile de muncă. Astfel, Comisia a recomandat niveluri de acțiune de aproximativ 200-600 Bq/m³ pentru locuințe și 500-1500 Bq/m³ pentru locurile de muncă [136].

Standardele internaționale au urmat în linii generale recomandările CȘNU și au stabilit valori de 200-600 Bq/m³ pentru locuințe și 1000 Bq/m³ pentru locurile de muncă.

Sunt de o mare importanță studiile epidemiologice asupra minerilor, pentru cercetarea relațiilor doză răspuns și efectele de interferență cu fumatul și expunerea la alți agenți. Dovezile epidemiologice disponibile în prezent indică faptul că riscurile, altele decât cancerul bronhopulmonar, datorate expunerii la ²²²Rn (și produșii săi de dezintegrare) au probabilitatea să fie mici”. Calea de expunere diferă față de celelalte surse naturale și există probleme epidemiologice și dozimetrice specifice radonului [118].

Autoritățile naționale trebuie, desigur, să revizuiască periodic valorile nivelurilor de referință naționale privind expunerea la radon pentru a se asigura că ele rămân corespunzătoare. În mod suplimentar nivelurilor de referință, autoritățile de reglementare pot să stabilească nivelurile la care protecția împotriva ²²²Rn poate fi considerată optimizată, adică la care nu este necesară o măsură ulterioară [148].

Pentru situațiile de expunere ocupațională la radon, în interesul armonizării internaționale a standardelor de securitate ocupațională, standardul BSS a stabilit o singură valoare pentru nivelul de acțiune (1000 Bq/m³) [137].

Concomitent standardul BSS recomandă ca valorile de radon în locuințe să nu depășească 300 Bq/m³, dacă depășește trebuie de luat măsuri [138].

Acte normative internaționale reactualizate. Raportul UNSCEAR 2006, Anexa E este axat pe evaluarea expunerii la radon la locurile de muncă. În document este menționat că este necesară o evidență directă pentru confirmarea riscului mic, dar detectabil de dezvoltare a cancerului pulmonar de la expunerea la radonul din locuințe [144].

CIRPR a generalizat toate cercetările efectuate referitor la protecția radiologică [150].

Comisia internațională pentru unități radiologice de măsurare în Raportul nr. 88 a prezentat informația referitor la măsurătorile și raportările despre expunerea la radon [139].

AIEA a elaborat standardele securității referitor la radon. Astfel, principiile fundamentale ale securității au fost publicate în a. 2006 (SF1); radioprotecția și securitatea surselor de iradiere: IBSS GSR part 3 în a. 2014, iar regulile despre protecția populației contra expunerii la radonul din locuințe și alte surse naturale de radiații (SSG-32) – în a. 2015 [140].

Referitor la expunerea la radon, OMS în a. 2009 a publicat un manual, unde este reflectată asigurarea calității, controlul calității în măsurătorile de radon [141].

Comisia europeană a elaborat o serie de standarde de operare în monitorizarea radonului: ISO 11665 – măsurarea radioactivității mediului (^{222}Rn în aer); ISO 16641 – măsurarea radioactivității mediului (^{220}Rn în aer); metode integrale de măsurare pentru determinarea valorii medii a concentrației de radon, în rezultatul utilizării detectorilor pasivi.

1.6. Concluzii la capitolul 1

Studierea surselor naturale de radiații ionizante în Republica Moldova, ca factor de risc pentru sănătatea publică, este de importanță majoră atât în Republica Moldova, cât și pe tot globul pământesc. Studii relevante demonstrează corelarea strânsă între expunerea la sursele naturale de radiații ionizante, inclusiv radonul și morbiditatea crescută cu patologii cancerigene, îndeosebi cancerul bronhopulmonar. Cancerul pulmonar reprezintă prima cauză de mortalitate prin cancer în lume, astfel circa 1,3 milioane de persoane mor anual, în întreaga lume din cauza cancerului pulmonar. În Europa acest indicator constituie circa 342 000 cazuri anual, ceea ce înseamnă 937 cazuri noi în fiecare zi. În Republica Moldova această maladie oncologică din 1982 până în **prezent deține locul doi în structura morbidității prin maladii oncologice, după cancerul mamar**, iar în ultimii ani, se situează pe primul loc.

Cunoașterea proprietăților fizico – chimice ale radonului și principalilor radionuclizi naturali din mediu, efectuarea măsurătorilor concentrației acestora în principalele componente ale mediului, dar și a fondului *gama* extern, prezintă elementele esențiale în studierea riscului asociat expunerii la sursele naturale de radiații ionizante asupra sănătății populației.

Caracteristica radionuclidică a radonului și răspândirea lui în natură ca component de bază din totalul surselor naturale de radiații ionizante, ne permite efectuarea măsurătorilor în scopul cartării regiunilor cu concentrații sporite ale activității acestuia, ce constituie o problemă prioritară în întreaga lume drept factor de risc, ce generează declanșarea cancerului bronhopulmonar.

Monitorizarea concentrației de radon și a principalilor radionuclizi naturali în factorii de mediu de pe teritoriul Republicii Moldova, ne permite să conchidem că este necesară protecția radiologică a populației de la toate sursele naturale de radiații ionizante, îndeosebi de la radon ca factor de risc principal, motivând astfel cunoașterea concentrației de radon pe întreg teritoriul țării cu monitorizarea permanentă și evaluarea riscului asociat expunerii.

Pornind de la actualizarea acestor sarcini prioritare, **scopul** prezentului studiu a fost estimarea igienică a nivelului iradierii populației Republicii Moldova de la sursele naturale de radiații ionizante și elaborarea măsurilor profilactice.

Realizarea scopului a devenit realitate prin executarea următoarelor **obiective**:

- 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.
- Evaluarea morbidității prin cancer pulmonar a populației Republicii Moldova, asociată iradierii naturale.
- Elaborarea măsurilor complexe de radioprotecție a expunerii populației Republicii Moldova la sursele naturale.

2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE

Studiul a fost efectuat în cadrul Laboratorului Științific Igiena Radiațiilor și Radiobiologie în colaborare cu Centrul de Radioprotecție al Centrului Național de Sănătate Publică și Centrele de Sănătate Publică teritoriale, în perioada a. 2011-2015. Cercetările s-au axat pe estimarea igienică a nivelului iradierii populației Republicii Moldova de la principalele surse naturale de radiații ionizante, cu identificarea zonelor cu risc sporit, cât și pe elaborarea măsurilor profilactice. De asemenea, studiul a inclus elaborarea și implementarea „Ghidului privind metodologia monitorizării surselor naturale de ^{222}Rn și evaluarea riscului radiologic pentru populația expusă.

2.1. Obiectul de studiu și condițiile de efectuare a cercetărilor experimentale

Material de studiu. Reieșind din scopul lucrării – estimarea igienică a nivelului iradierii populației Republicii Moldova de la sursele naturale de radiații ionizante cu elaborarea măsurilor profilactice – a fost evaluată situația radiologică existentă în țară printr-un studiu analitico-

descriptiv și sanitaro-igienic în teren, care a fost realizat pe întreg teritoriul Republicii Moldova, cu identificarea zonelor cu risc sporit de expunere a populației.

Pentru realizarea scopului cercetării au fost selectate următoarele zone de cercetare: Nord, Centru și Sud, unde s-au efectuat măsurători dozimetrice, radiometrice și spectrometrice la principalele surse naturale de radiații ionizante, în principalele componente ale mediului ambiental. Zonarea teritoriului Republicii Moldova a permis efectuarea studiului comparativ din punct de vedere geografic, cât și evidențierea predominării unor sau altor tipuri de roci existente, din punct de vedere a radioactivității naturale.

Ca obiecte de cercetare au servit principalele componente ale mediului ambiental: solul, apa potabilă, aerul din încăperile locative și parțial cele de producere, materialele de construcție și/sau finisare frecvent utilizate, starea de sănătate și morbiditatea prin tumori maligne, îndeosebi prin cancerul bronhopulmonar a populației Republicii Moldova din zonele cu risc sporit, cât și concentrația ^{222}Rn în aerul interior din locuințe, demisoluri, subterane, mine de extragere a zăcămintelor și pivnițe.

Ca eșantion de cercetare au servit numărul de probe de aer de interior, apă potabilă, sol și materiale de construcție și/sau finisare, colectate pentru efectuarea investigațiilor instrumentale (a concentrației ^{222}Rn în aerul interior, măsurătorile fondului *gama* terestru, probele pentru efectuarea investigațiilor la conținutul de radionuclizi naturali în apa potabilă și materiale de construcție sau materia primă a acestora) (Tabelul 2.1), care au fost investigate conform design-ului de cercetare (fig. 2.1).

Tabelul 2.1. Material de studiu și numărul investigațiilor/măsurătorilor efectuate

Nr	Obiect de cercetare	Număr total de măsurători /investigații
Determinarea concentrației de radon în componentele mediului ambiental		
1	Concentrația de radon în aerul interior al locuințelor	1787
2	Concentrația de radon la locurile de muncă	285
3	Concentrația de radon din sursele de apă potabilă din sonde arteziene	192
4	Concentrația de radon din sursele de apă potabilă din fântână de mină	135
5	Concentrația de radon din sursele de apă potabilă din surse de suprafață (râu, apeduct)	102
6	Concentrația de radon la exhalarea din sol (suprafața solului) regiunea de Nord	104
7	Concentrația de radon la exhalarea din sol (suprafața solului) regiunea de Centru	104
8	Concentrația de radon la exhalarea din sol (suprafața solului) regiunea de Sud	104
Efectuarea măsurătorilor fondului <i>gama</i> extern		
9	Măsurători ale fondului <i>gama</i> extern (punctul de control Chișinău, CNSP)	4680
10	Prelucrarea statistică și analiza datelor măsurătorilor fondului <i>gama</i> extern, efectuate de către serviciul Hidrometeo pe întreg teritoriul țării (Nord, Centru, Sud)	14040
Determinarea concentrației principalilor radionuclizi naturali în diverse produse		
11	Investigații a principalilor radionuclizi naturali: ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K în materialele de construcție și/sau finisare	1491
12	Investigații a principalilor radionuclizi naturali în produsele alimentare: lapte, carne, pâine etc.	1146
13	Investigații a principalilor radionuclizi naturali în apa potabilă: ^{137}Cs , și ^{90}Sr .	290
14	Studierea morbidității prin cancer bronhopulmonar (și alte tipuri de cancer) a populației Republicii Moldova (datele oficiale ale biroului național de statistică 2011 – 2015).	5 ani
15	Prelucrarea matematică a datelor obținute, calcularea și estimarea dozelor colective și a nivelului de iradiere a populației de la sursele naturale cu estimarea riscului mediu anual asociat iradierii populației Republicii Moldova de la sursele naturale. Evaluarea morbidității prin cancer bronhopulmonar a populației Republicii Moldova, asociată iradierii naturale cu determinarea dependențelor corelative dintre concentrațiile sporite de radon și morbiditatea prin cancer bronhopulmonar a populației din teritoriile arondate.	
16	Elaborarea măsurilor complexe de radioprotecție a expunerii populației Republicii Moldova la sursele naturale	

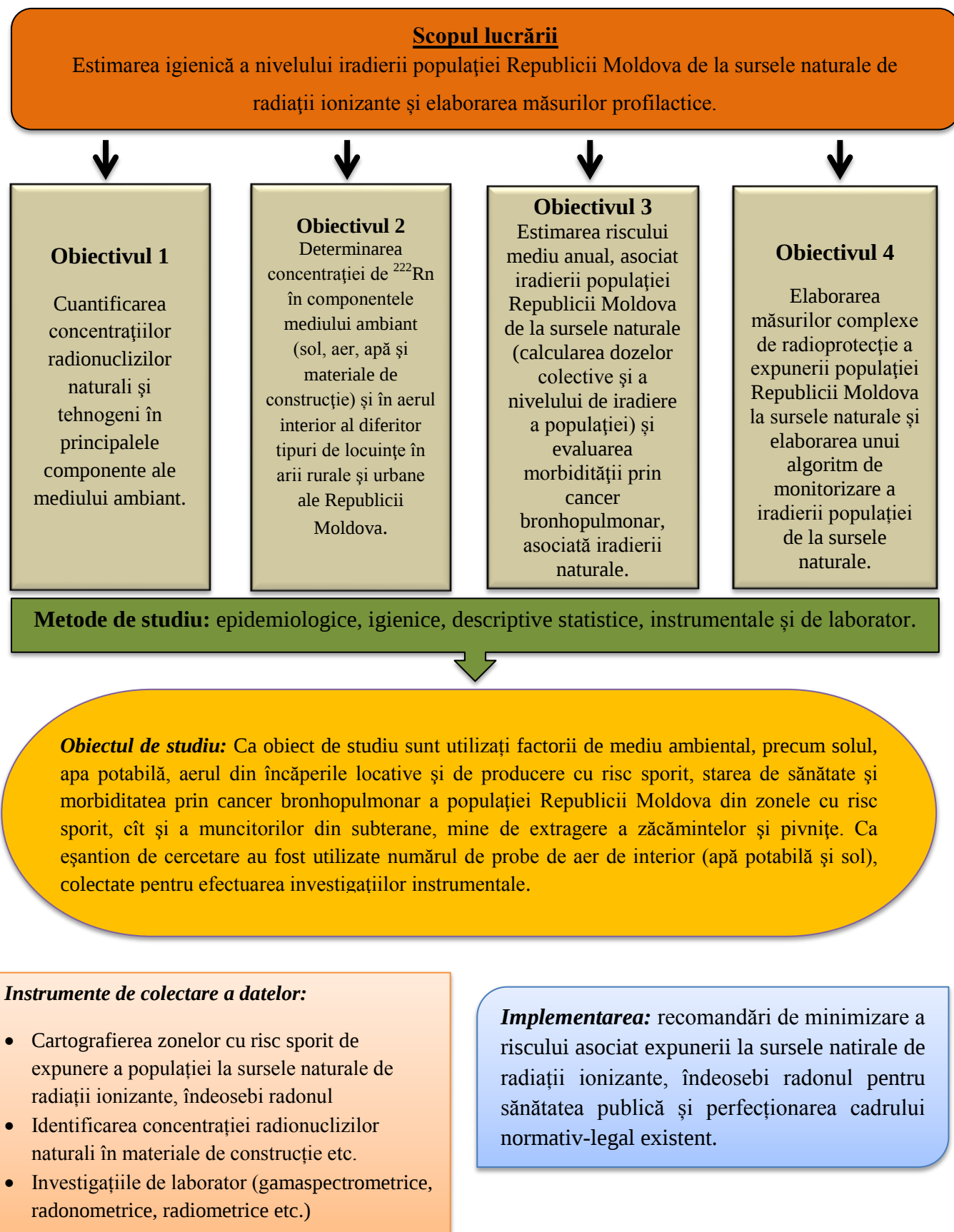


Fig. 2.1. Design-ul cercetării.

În cadrul studiului au fost efectuate 1787 de măsurători fizice, în 182 de puncte de măsurat, ale concentrațiilor de ^{222}Rn în aerul interior al diferitor tipuri de încăperi locative și parțial de

producere, amplasate la diferite nivele de substrat: spații locative în case individuale și de tip bloc, la parter (dormitoare și bucătării), cât și la demisol (birouri, spații comerciale) și subsol (depozite); 511 de măsurători fizice în 57 de puncte de măsurat, în sursele de apă potabilă, îndeosebi cele de profunzime; 389 de măsurători a concentrației de ^{222}Rn la exhalarea acestuia din sol; 4955 de măsurători dozimetrice a fondului *gama* extern; 1869 investigații spectrometrice la produse alimentare, apă potabilă, materiale de construcție și/sau finisare.

În calitate de material pentru realizarea studiului au servit, de asemenea, registrul maladiilor oncologice pentru ultimii șase ani pentru populația generală (cancer *per total*), și rezultatele analizei morbidității generale a populației, îndeosebi prin cancer bronhopulmonar [20].

Sursele de colectare a datelor pentru studiu au fost variate și complexe: literatura existentă din domeniul protecției radiologice, în special protecția radiologică a populației de la sursele naturale de radiații ionizante, datele monitoringului radiațional a radionuclizilor naturali efectuat de către colaboratorii Centrului de Radioprotecție și Igienă a Radiațiilor (CRP) al CNSP, actele legislative și normative naționale și internaționale aprobate, investigații instrumentale, de laborator, statistice proprii [142, 143, 144, 145].

În Figurile 2.2.-2.8., sunt prezentate datele despre condițiile climatice de efectuare a cercetărilor, oferite cu amabilitate de către Serviciul Hidrometeorologic de Stat din Republica Moldova. Datele prezentate demonstrează faptul că condițiile de mediu au fost destul de fluctuante, ceea ce a permis testarea și elucidarea valorilor radionuclizilor naturali, inclusiv radonul pe diverse fundaluri abiotice.

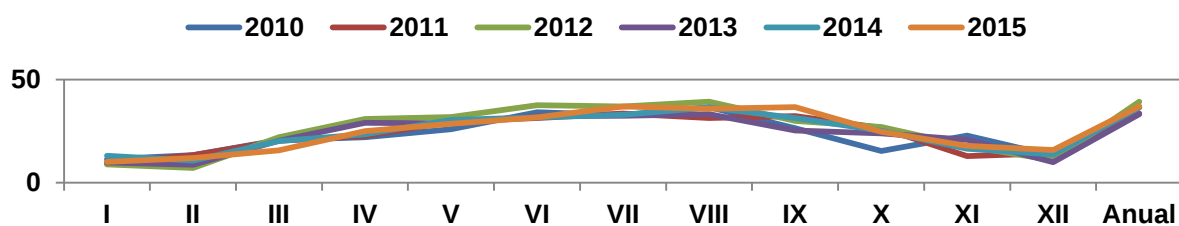


Fig. 2.2. Temperatura maximă absolută a aerului, °C

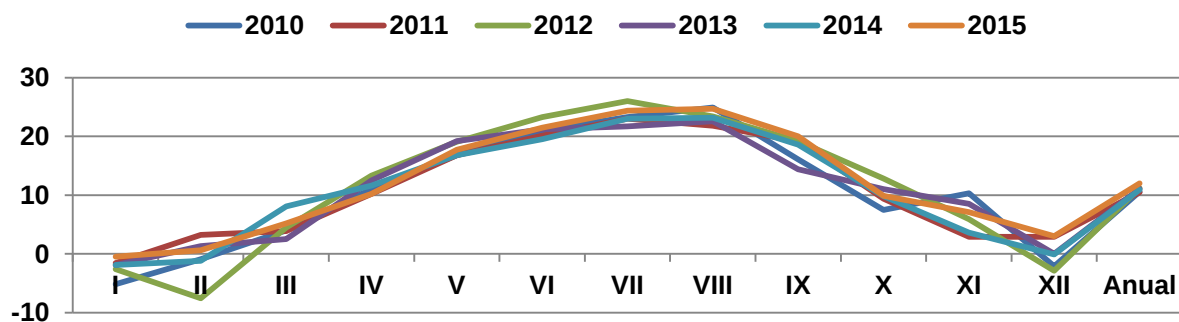


Fig. 2.3. Temperatura medie lunară a aerului, °C.

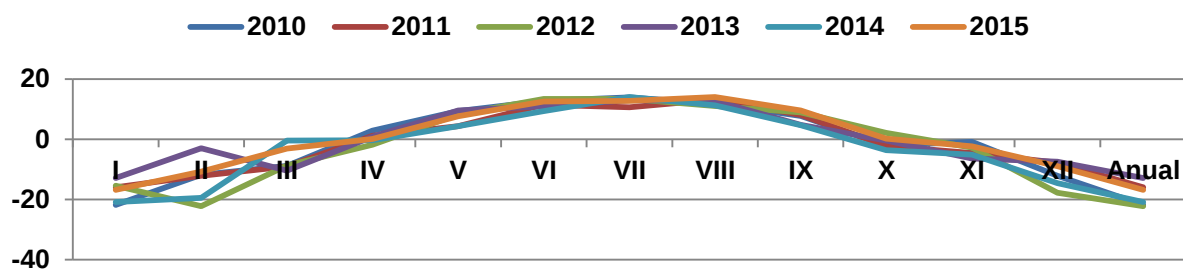


Fig. 2.4. Temperatura minimă absolută a aerului, °C.

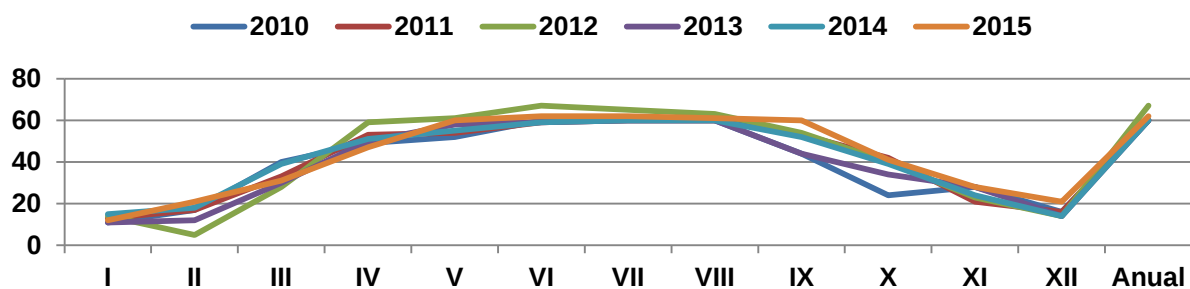


Fig. 2.5. Temperatura maximă absolută la suprafața solului, °C.

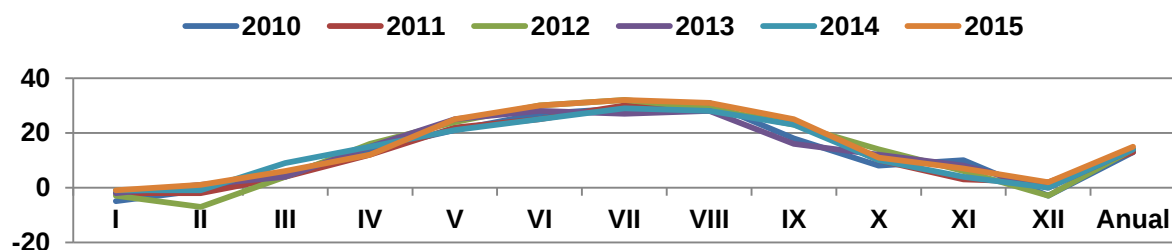


Fig. 2.6. Temperatura medie lunară la suprafața solului, °C.

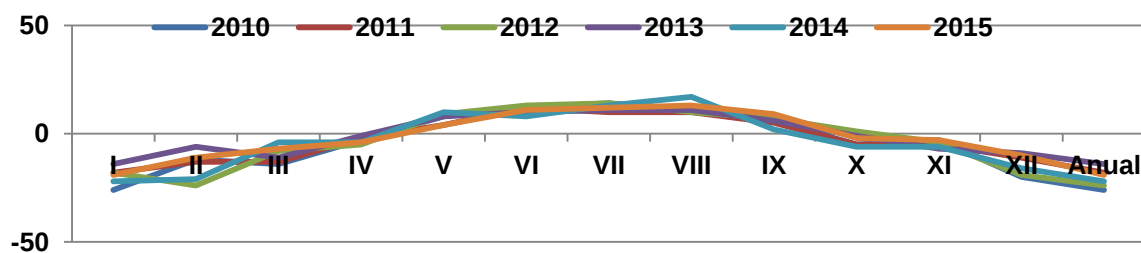
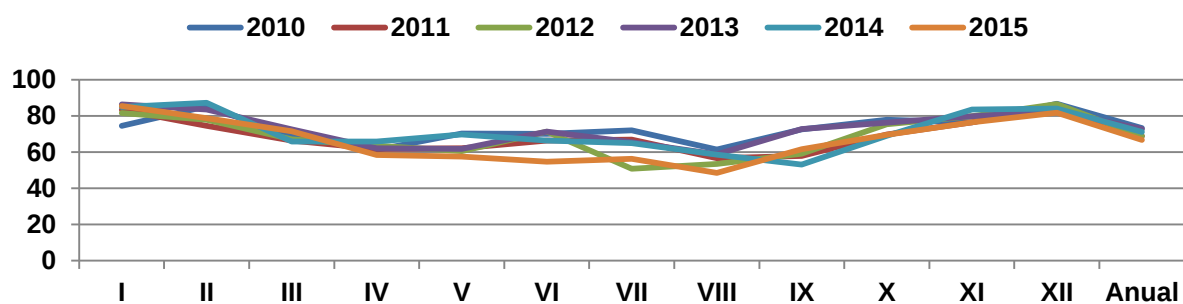


Fig. 2.7. Temperatura minimă absolută la suprafața solului, °C.

a)



b)

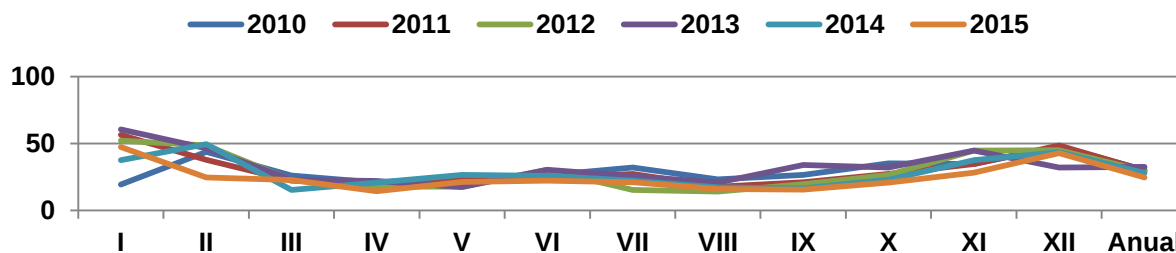


Fig. 2.8. Umiditatea medie lunară a aerului (a) și umiditatea minimă absolută a aerului (b), în perioada a. 2010-2015.

2.2. Metode de cercetare. Considerații etice.

În cadrul cercetării științifice au fost utilizate mai multe metode moderne de cercetare, care s-au completat reciproc pentru a îndeplini scopul și obiectivele stabilite. Astfel au fost utilizate cu succes următoarele metode:

Metode de investigații igienice, instrumentale și de laborator: investigații instrumentale ale fondului *gama* terestru și a radiației cosmice: în baza utilizării aparatajului: Radiometru ESM FH 40 G-L; determinarea parametrilor fizici de mediu, temperatura, umiditatea, presiunea atmosferică, utilizând Radonometru RTM 1688-2 (sau termometru, psihrometru și barometru); determinarea concentrației de radon în diverși factori de mediu (apă, aer, sol), utilizând Radonometru RTM 1688-2; determinarea concentrației radionuclizilor naturali în produse alimentare, apă potabilă și materiale de construcție, utilizând aparatajul Complex *beta-gama* spectrometric cu program computerizat, Progress – 2000;

Metode Epidemiologice: analiza datelor statistice oficiale privind incidența morbidității prin tumori maligne, îndeosebi cancerul bronhopulmonar pe teritoriul Republicii Moldova;

Metode statistice: pentru analiza rezultatelor s-au utilizat programe computerizate: Statistica-7, Excel, Epi Info etc. Calcularea riscului asociat iradierii ionizante de la sursele naturale s-a efectuat în baza evaluării dozelor colective medii anuale.

Toate metodele de cercetare sus-menționate, activitățile practice instrumentale și de laborator, au fost aplicate cu succes în studierea principalelor surse naturale de radiații ionizante ca factor de risc asupra sănătății publice. În zonele unde s-a dovedit, în urma efectuării măsurătorilor dozimetrice, radiometrice și spectrometrice, o radioactivitate naturală sporită, îndeosebi datorată expunerii la concentrații ridicate de ^{222}Rn în aerul interior, a fost demonstrată corelarea dintre morbiditatea prin nozologii cancerigene (cancerul bronhopulmonar) și expunerea populației arondate factorului de risc.

În cadrul lucrării am evaluat riscul asociat iradierii ionizante de la toate sursele naturale de radiații ionizante și am estimat nivelul de iradiere a populației Republicii Moldova din zonele cu concentrații sporite. Astfel, am efectuat un studiu complex al expunerii populației de la toate sursele naturale de radiații ionizante din mediul ambiental, îndeosebi a concentrației de radon din aerul interior, pe o perioadă îndelungată, care a inclus durata anilor de studiu 2011- 2015, cu cuantificarea riscului asociat iradierii populației Republicii Moldova în baza evaluării dozei colective condiționate de sursele naturale de radiații ionizante [146, 147].

Metodologia de selectare a eșantionului și de desfășurare a studiului. Pentru realizarea studiului analitico-descriptiv, în teren, al principalelor surse naturale de radiații ionizante au fost selectate trei zone ale Republicii Moldova: Nord, Centru și Sud. Am selectat, de asemenea, eșantioane reprezentative în ceea ce privește amplasarea încăperilor de trai sau a locurilor de muncă permanente. Astfel, am efectuat măsurători ale concentrației de radon și a radionuclizilor naturali în diverse încăperi și materiale de construcție și/sau finisare din toate cele trei zone geografice ale țării, iar pentru studiu comparativ am efectuat concomitent măsurători similare și în locuințele, care nu sunt amplasate în zonele de risc subsol, demisol și parter.

Calcularea eșantionului în cazul studiilor descriptive se efectuează după formula:

$$n = \frac{N t^2 P q}{n \Delta x^2 + t^2 P q}$$

Unde:

N – volumul eșantionului;

N – volumul colectivității generale supuse studiului;

t – factorul de probabilitate egal cu 1,96 (95,0%);

P – probabilitatea de apariție a fenomenului 0,5;

q – contraprobabilitatea, q=1-P=0,5;

Δx – eroarea limită admisă egală cu 0,05 (5%).

Criteriul de selectare a punctelor de măsurare a concentrației de ^{222}Rn . Punctele de măsurare a concentrației de ^{222}Rn în aerul interior au fost selectate nemijlocit din zonele incluse în studiu: Nord, Centru și Sud. Locuințele și/sau încăperile în care s-au efectuat intens măsurători a concentrației de radon au fost identificate preponderent din zonele cu risc sporit (subsol, demisol, parter, mine de extragere a minereurilor) și în baza criteriilor de includere/excludere. Procedura de selecție, care prevede examinarea datelor privind construcția locuințelor, anul construcției (de tip nou sau vechi), tipul materialelor de construcție și finisare utilizate, adresa, prezența sau lipsa fundamentului, precum și informația despre concentrațiile depistate în cadrul efectuării cercetării, nu a fost expusă mediatizării prin nici o formă, proprietarilor (gazdelor)

locuințelor ce au fost luate în studiu li s-a oferit informație cu privire la studiu și răspunsuri la întrebări.

Criteriile de includere în studiu au fost:

1. Încăperile (locative, social-culturale și de producere) amplasate în zonele de risc.
2. Locuințele preponderent de tip individual cu un nivel, fără fundament sau cu un fundament neetanșietizat eficient.
3. Participanți benevol la studiu.

Criterii de excludere:

1. Amplasarea încăperilor mai sus de nivelul doi al clădirii.
2. Încăperile și halele ventilate în mod regulat, eficient.
3. Refuzul categoric al proprietarilor de a participa la studiu.

Colectarea probelor și efectuarea investigațiilor de laborator și instrumentale.

Prelevarea, transportarea, prelucrarea și păstrarea probelor de sol, apă, produse alimentare și materiale de construcție au fost efectuate respectând toate recomandările și cerințele igienice [87]. Probele de sol și de apă potabilă au fost recoltate din fiecare zonă, respectiv: Nord, Centru și Sud, în mare parte personal, cât și de către colaboratorii Laboratorului Științific Igiena Radiațiilor și Radiobiologie din cadrul Centrului Național de Sănătate Publică. Probele de materiale de construcție și/sau finisare, cât și materia primă a acestora, au fost distribuite prin intermediul ghișeului unic al CNSP.

Algoritmul de investigare. Toate probele prelevate au fost investigate în cadrul laboratorului Centrului de Radioprotecție al Centrului Național de Sănătate Publică, la activitatea specifică a principalilor radionuclizi naturali: ^{226}Ra , ^{232}Th și ^{40}K , utilizând *beta-gama* spectrometrului multicanal. Concentrațiile de ^{222}Rn și descendenților săi de viață scurtă din aerul interior au fost măsurate prin metoda activă în spațiile locative și parțial cele de producere, iar fondul *gama* extern a fost determinat și monitorizat preponderent în punctele staționare de control.

Considerații etice. Includerea locuințelor din zonele selectate în studiu conform amplasării acestora, a avut loc după o explicație verbală și oferirea informației pe larg despre esența, riscurile și beneficiile studiului. Rezultatele măsurărilor și investigațiilor de laborator asupra principalelor surse naturale de radiații ionizante au fost confidențiale pe toată durata studiului. Adresa, tipul și datele de pașaport ale locuinței, cât și rezultatele și datele referitoare la studiu au fost stocate în computerul personal cu acces restricționat. Materialele și metodologia efectuării studiului au fost examinate de către Comitetul de Etică a cercetării al Instituției Publice

Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu”, unde au primit aviz favorabil la ședința din 26 martie 2012 (**Anexa 1**).

2.3. Metode instrumentale și de laborator. Metode de determinare a concentrației radonului și altor radionuclizi naturali în componentele principale ale mediului ambiant

Metoda de determinare a concentrațiilor de radon în componentele mediului ambiant.

Pentru efectuarea măsurătorilor concentrațiilor de radon și a descendenților săi de viață scurtă: ^{220}Rn , ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi și ^{214}Po în principalele componente ale mediului ambiant a fost utilizat dispozitivul german – Radonometru RTM 1688-2 (Figura 2.9).



Fig. 2.9. Radonometru RTM 1688-2.

Aparatul dispune de mecanismul de pompare a aerului în regim continuu, prin intermediul unei pompe încorporate, care activează într-un regim de activitate de 30 minute, cu un interval de măsurare de 5-9 ore pentru un punct de efectuare a măsurătorilor în scopul determinării concentrației de ^{222}Rn . Concentrația ^{222}Rn și descendenților săi de viață scurtă, măsurată de către aparat, se efectuează cu ajutorul senzorilor specifici, sensibili la radiația *alfa* prin efectuarea analizei cantitative a produșilor de dezintegrare de viață scurtă, în camera de ionizare.

Imediat după dezintegrare nucleul rezultat – ^{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. Astfel, relația dintre dezintegrările, înregistrate de radon și ^{218}Po poate fi determinată după 5 cicluri de semiînjumătățire (aproximativ 15 minute), care este un interval minim recomandat de măsurare a concentrației de radon. Lanțul dezintegrărilor îl continuă ^{214}Pb , ^{214}Bi – producători de *beta* particule și ^{214}Po – particule *alfa*. Aceasta înseamnă că fiecare dezintegrare a ^{218}Po provoacă în continuare încă o dezintegrare detectabilă de ^{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 se analizeze acești nuclizi prin intermediul *alfa* spectroscopiei.

Radonometrul „RTM 1688-2” are două regimuri de măsurare a concentrației de radon – încet (Slow), ce ia în calcul dezintegrarea ^{218}Po și a ^{214}Po , și rapid (Fast), care înregistrează doar dezintegrarea ^{218}Po . Avantajul regimului 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 diferite componente ale mediului, 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 măsurătorilor concentrației de radon diferă în dependență de factorul de mediu cercetat. Astfel, măsurarea concentrației sau a fluxului de radon din sol, constă în înlăturarea vegetațiilor de la suprafața solului, 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 în măsura posibilității.

Camera metalică este proiectată ermetic, făcând posibilă conexiunea cu aparatul 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 ^{222}Rn exalat din sol, care se acumulează în camera metalică. Pentru o asigurare mai bună a etanșeității camerei metalice de la suprafața rocii cercetate, pe perimetrul acestei camere se săpă un șanț astfel ca marginea camerei să fie în sol.

Dezintegrarea radioactivă este un proces statistic, ceea ce înseamnă că, chiar dacă concentrația de ^{222}Rn v-a 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 măsurători. Cu un număr infinit de măsurători în serie, se poate obține valoarea medie „adevărată” a numărului „N”. În același timp, la o singură măsurătoare efectuată valoarea „N” va fi, fie mai sus, fie mai jos de valoarea „adevărată”. Abaterea observată este descrisă prin termenul „marjă de eroare statistică”.

Rezultatul oricărei măsurători pe lângă valoarea concentrației de ^{222}Rn 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 relative statistic (E) se efectuează după formula:

$$E [\%] = 100\% \cdot k \cdot \frac{\sqrt{N}}{N}, \text{ unde:}$$

„E” – pentru un interval de încredere dat de k – sigma, se poate realiza în baza numărului de impulsuri „N” numărate. Evident, că cu cât numărul de impulsuri înregistrate va fi mai mare,

cu atât mai mare va fi precizia de măsurare. Pe de altă parte, 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 dată de următoarea formulă:

$$C_{Rn} = \frac{N}{T \cdot S}, \text{ unde:}$$

C_{Rn} – concentrația de ^{222}Rn măsurată.

N – numărul de impulsuri.

T – intervalul de măsurare.

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 constituie 8 impulsuri/ (min*kBq/m³), iar pentru regimul „Fast” 4 impulsuri/ (min*kBq/m³).

Există termenul de „prag de detectare”, care semnifică concentrația minimă de radon, care impune efectuarea de măsurători 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 ducă 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” [30, 148].

În virtutea influenței marjei de eroare statistice 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 a valorilor dintr-o serie de măsurători.

La valori scăzute ale concentrației de radon, în cazul în care numărul de impulsuri pe intervalul de măsurare este mai mic decât 16, la determinarea numărului necesar de impulsuri pentru a depăși pragul de detecție, se utilizează distribuția Poisson (Tabelul 2.2).

Tabelul 2.2. 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

O analiză mai detaliată a datelor ne permite verificarea posibilelor influențe ale variației temporale și spațiale, precum și influența condițiilor meteo asupra concentrației de ^{222}Rn . Valorile concentrației de ^{222}Rn la exhalarea din sol, măsurate în cele trei zone ale țării au variat în funcție de tipul de rocă predominantă. Chiar dacă condițiile geologice în aria de interes sunt omogene ne putem aștepta la diferențe de până la 20% în rezultatele măsurătorilor din timpul intercomparării.

Există însă și metode cu o precizie înaltă, cum ar fi metoda pasivă de determinare a concentrației de ^{222}Rn și ^{220}Rn din aerul interior al locuințelor. Această metodă este pe larg utilizată în întreaga lume și constă în amplasarea la locul efectuării măsurătorilor a detectorilor de urme din corp solid pentru o perioadă de 3 luni – 1 an. Detectorii și sistemul pentru procesarea lor sunt alcătuite din unitate de dezvoltare, microscop optic și calculator cu software adecvat pentru citirea urmelor și prelucrarea lor statistică. Distribuirea detectorilor și procesarea rezultatelor se realizează în conformitate cu protocolul de măsurători, elaborat de autorități în acest scop. Detectorul de radon constituie un film subțire din material plastic sensibil la activitatea radonului, amplasat sub capacul unei camere de difuzie cilindrice de forma unei cutii de medicamente.

Detectorii se plasează 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 per cameră și la o distanță de aproximativ 80 cm de perete. În paralel, pentru măsurătorile de fond, se utilizează 1-2 detectori. După finalizarea expunerii se realizează prelevarea detectorilor, ambalarea corectă (într-un plic cu filtru anti-radon) și transportarea în siguranță (stocarea într-un alt spațiu poate afecta acuratețea măsurătorilor) către laborator pentru procesare și interpretare [149].

În incinta laboratorului de analizare detectorul se detașează de pe capacul cutiei în scopul dezvoltării și analizării. Procesul de dezvoltare chimică constă în tratarea detectorilor într-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 prin numărarea urmelor imprimate de particulele *alfa* pe suprafața filmului din plastic cu ajutorul echipamentului de citire. Un software specific relaționat cu microscopul optic este utilizat pentru a converti, pe baza unui factor de calibrare, numărul măsurat de urme/ mm^2 în concentrația de radon exprimată în Bq/m^3 [150, 151, 152].

Pentru efectuarea măsurătorilor concentrației de ^{222}Rn în aerul interior al încăperilor, putem utiliza metodele activă sau pasivă de determinare. În cadrul cercetării am aplicat metoda activă de determinare a concentrației de ^{222}Rn cu ajutorul radonometrului RTM 1688-2, în regim de pompare continuă a aerului din interiorul locuinței. Am efectuat mai multe măsurători ale

concentrațiilor de ^{222}Rn în aerul din încăperi (locative și parțial de producere), în probe de apă potabilă din surse de profunzime și la exalarea din sol din cele trei regiuni ale Republicii Moldova, care au fost incluse în studiu. Rezultatele măsurătorilor au fost înregistrate într-o bază de date într-un tabel, în care au fost incluse data și anul, locul efectuării măsurătorilor și parametrii de mediu sau factorii fizici, durata efectuării măsurătorilor și numărul lor, regimul de lucru al aparatului, rezultatele măsurătorilor privind concentrațiile de radon (Bq/m^3) și executorii măsurătorilor efectuate (Anexa 2, 3, 4, 5).

În urma efectuării măsurătorilor dozimetrice, radiometrice și spectrometrice, au fost depistate valori ale concentrației radionuclizilor naturali și ale radonului din aerul interior, care au depășit, în unele cazuri cu mult valorile recomandate de Normele Fundamentale de Radioprotecție Cerințe și Reguli igienice. Predilecție pentru măsurătorile concentrației de ^{222}Rn o prezintă concentrația de ^{222}Rn 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 determinărilor variațiilor temporale ale fluxului de ^{222}Rn și a concentrației lui din sol și din apele de adâncime [153].

2.4. Determinarea radioactivității radionuclizilor naturali în principalele componente ale mediului ambiant

Investigarea fondului natural și a radionuclizilor naturali în componentele mediului ambiant (produse alimentare, apă potabilă, materiale de construcție și/sau finisare 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 măsurătorilor activității radionuclizilor, este folosit în laboratoarele industriei nucleare și producerea radiochimică, la punctele de control vamal, servicii de monitorizare a mediului, în scopuri sanitare de supraveghere și monitorizare în SSSSP. În componența sa 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 unui program software „PROGRESS – 2000”. Pachetul software „PROGRESS – 2000” 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 măsurătorile 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 a regiunilor de utilizare, pentru a putea fi folosiți cu succes în laboratoarele de supraveghere și control a diverselor surse de radiații ionizante din teritoriul supravegheat al utilizatorilor (țară, regiune).

Programul computerizat „PROGRESS – 2000” 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 în tehnologii informaționale, ci doar de cunoaștere suficientă a sistemului operațional de bază. Sistemul este simplificat astfel ca să permită oricărui utilizator să analizeze spectrele pentru redarea rezultatelor finale.

Pentru procesarea spectrelor am folosit 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 „PROGRESS” este prevăzut și capabil să funcționeze concomitent pe două canale: *gama* și *beta*.

Programul „PROGRESS” 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 măsurătorilor 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 au fost utilizate diferite protocoale. De regulă, raportul (protocolul) reflectă cerințele unui oarecare document normativ de reglementare pentru realizarea și analiza rezultatelor. Fiecare protocol este un model, în baza căruia 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 [154, 155, 156].

2.5. Determinarea fondului radioactiv *gama*

Pentru determinarea și monitorizarea fondului radioactiv *gama* extern am utilizat 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 în evaluarea 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), manevrabil foarte simplu și cu 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 [157].

Metode epidemiologice. În realizarea scopului și obiectivelor trasate, în cadrul cercetării au fost utilizate studii epidemiologice retrospective, descriptive și analitice. Pentru evaluarea morbidității au fost calculați indicii intensivi (incidența, prevalența etc.). Indicii intensivi privind incidența nozologiilor cancerigene, îndeosebi a cancerului bronhopulmonar în rândul populației Republicii Moldova (cu excepția populației din stânga Nistrului) au fost calculați la 100 mii populație.

Scopul analizei datelor primare a fost de a extrapola, cât mai exact aceste date la nivel de populație. Deoarece orice metodă de eșantionare include și un anumit grad de eroare, ne-am asumat probabilitatea de a nu greși sau de a nu comite erori de estimare. Cu cât volumul eșantionului este mai mare cu atât gradul de eroare este mai mic. **Riscul relativ** a fost calculat conform algoritmului prezentat în Tabelul 2.3

Tabelul 2.3. Algoritmul calculării riscului

	Efect prezent	Efect absent	Total
Factor de risc prezent	a	b	a+b
Factor de risc absent	c	d	c+d
Total	a+c	b+d	a+b+c+d

Riscul fenomenului la expuși: $p1=a/a+b$.

Riscul fenomenului la neexpuși: $p0=c/c+d$.

Riscul relativ (RR): de câte ori este mai mare proporția persoanelor bolnave în rândul celor expuși la factorul de risc, față de proporția bolnavilor în rândul celor neexpuși la factorul de risc:

$$RR=p1/p0$$

$RR<1$ – Factor de protecție, $RR=1$ – Factor indiferent, $RR>1$ – Factor de risc

Riscul atribuibil (RA): cu cât este mai mare frecvența efectului nedorit la cei expuși față de neexpuși

$$Ra=p1-p0$$

$Ra<0$ – Factor de protecție, $Ra=0$ – Factor indiferent, $Ra>0$ – Factor de risc.

Pentru calcularea impactului social al expunerii populației la principalele surse naturale de radiații ionizante a fost utilizată următoarea metodologie:

Studierea în dinamică a incidenței morbidității prin diferite tipuri de cancer la populația Republicii Moldova, în relație cu factorii de risc asociați radiațiilor ionizante. Obiectivele cercetărilor în cauză au constat în elucidarea în dinamică a structurii morbidității prin maladii

cancerigene (cancerul glandei tiroide, pulmonar, tractului digestiv, ficatului, glandei mamare, colului uterin, hemoblastozelor) în condițiile Republicii Moldova; stabilirea riscului cauzat de radiațiile ionizante naturale, inclusiv radonul asupra sănătății publice; stabilirea impactului factorului radiostresogen în structura morbidității maladiilor oncologice; analiza corelațională dintre acțiunea factorului radiațional (concentrația radonului) și declanșarea maladiilor oncologice; elaborarea unui algoritm nou de evaluare a riscului asupra sănătății a radiațiilor ionizante, inclusiv radonul; elaborarea cartării incidenței maladiilor oncologice pe teritoriul Republicii Moldova.

Ca material de studiu au fost utilizate datele statistice ale morbidității provocate de cancere, din Registrul Institutului Oncologic din Republica Moldova, înregistrate pe parcursul anilor 2013-2015. Prelucrarea statistică a datelor despre morbiditatea populației prin maladiile oncologice, a fost efectuată în baza programelor computerizate Excel și STATISTICA 7.

Pentru evaluarea dozei efective anuale (H) pentru populația ce locuiește pe suprafețele studiate privind radonul și descendenții săi, a fost adoptat modelul UNSCEAR [59], raportat după ecuația: $H \text{ (mSv/y)} = C \times F \times O \times T \times D$, unde: C – concentrația medie a radonului egală cu 209 Bq/m³; F – factorul de echilibru pentru radonul din interior, care constituie 0,4; O – factorul ocupațional - 0,8; T – timpul într-un an (8760 h/y); D – factorul de conversie, $1,4 \times 10^{-8}$ Sv/Bq/m³h [46]. Riscul dezvoltării cancerului (ELCR) a fost calculat după formula: $ELCR = H \times DL \times RF$, unde: H – doza efectivă medie, DL – durată medie a vieții, RF – riscul fatal de dezvoltare a cancerului, care constituie $5,5 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$, recomandat de ICRP 103. Numărul de cancere bronhopulmonar, indus de radon a fost calculat conform ICRP 50 [158].

Prelucrarea statistică a datelor. Analiza datelor a fost realizată utilizând prelucrarea statistică computerizată în baza programelor computerizate Microsoft Excel 2010, STATISTICA 7.0. și Epi Info 7. S-a utilizat metoda de comparație cu calcularea erorilor standard; a intervalelor de încredere cu aprecierea diferențelor dintre lotul experimental și martor după criteriile „t - Student” și pragul de semnificație „P”, cu calcularea riscurilor, unde a fost necesar. Pentru evaluarea impactului social a fost calculat indicatorul DALY. Dendrogramele și scanarea multidimensională s-au efectuat în baza matriței distanței euclidiene și a clusterizării UPGMA.

2.6. Concluzii la capitolul 2

1. Pentru estimarea riscului de expunere a populației Republicii Moldova la sursele naturale de radiații ionizante au fost utilizate metode igienice, dozimetrice, radiometrice și spectrometrice de măsurare a principalelor surse naturale de radiații ionizante din mediu ambiental. Astfel, am analizat rezultatele măsurărilor efectuate a 182 de puncte de măsurare și circa 1835 de măsurători fizice a concentrațiilor de ²²²Rn din cele trei regiuni ale Republicii

Moldova incluse în studiu: Nord, Centru și Sud, 1869 de investigații spectrometrice a produselor alimentare, apei și materialelor de construcție și/sau finisare și 4955 de măsurători a fondului *gama* extern în punctele de control.

2. Pentru evaluarea rezultatelor măsurătorilor efectuate asupra principalelor surse naturale de radiații ionizante, îndeosebi din regiunile cu risc sporit au fost colectate datele în dinamică pe întreaga perioadă a studiului, într-o bază de date special elaborată pentru acest studiu. Datele obținute au fost prelucrate utilizând metode analitice, descriptive, epidemiologice și computerizate. Utilizarea acestor metode în ansamblu a permis autorului să obțină rezultate veridice.

3. Analiza datelor a fost realizată utilizând prelucrarea statistică computerizată în baza programelor computerizate Microsoft Excel 2010, STATISTICA 7.0. și Epi Info 7. S-a utilizat metoda de comparație cu calcularea erorilor standard; a intervalelor de încredere cu aprecierea diferențelor dintre lotul experimental și martor după criteriile „t - Student” și pragul de semnificație „P”, cu calcularea riscurilor, unde a fost necesar. Pentru evaluarea impactului social a fost calculat indicatorul DALY. Dendrogramele și scanarea multidimensională s-au efectuat în baza matriței distanței euclidiene și a clusterizării UPGMA.

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

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

Expunerea la radiații a populației din întreaga lume se datorează în cea mai mare parte radioactivității naturale: iradierea externă de origine telurică și cosmică, ingestia alimentelor și apei și inhalarea radonului. Este necesar să se estimeze eficient expunerea populației pentru a putea studia legătura dintre indicatorii de sănătate. Distribuția expunerilor trebuie să fie, de asemenea, studiată la diferite niveluri geografice: regiune, zonă de ocupare a forței de muncă.

Studiul în cauză constituie o actualizare a estimării expunerii populației Republicii Moldova la radioactivitatea naturală. Estimarea indicatorilor expunerii la radiațiile *gama* de origine telurică, bazate pe dozele măsurate, trebuie ajustate la tipul de habitat, cu variația respectivă exprimată în nSv/h. Expunerea la radiația cosmică este evaluată de la altitudine și ponderată la densitatea populației, astfel doza anuală efectivă derivă în urma acțiunii acestor trei componente [159].

Ca și în întreaga lume, în Republica Moldova, există două surse principale de expunere a populației la radiațiile ionizante: radiațiile, utilizate în scopuri medicale și radiațiile naturale, la

care se adaugă radiațiile industriale. Totodată, radiațiile ionizante naturale au cea mai mare pondere în formarea dozelor de expunere a populației [180].

Măsurătorile concentrației de ^{222}Rn pe teritoriul Moldovei, la exalarea acestuia din sol și în aerul de interior contribuie la identificarea zonelor cu potențial ridicat de ^{222}Rn , în special, la exalarea acestuia din sol, definirea procentajului de habitate cu o concentrație mai sus de normă și evidențierea factorilor, care influențează concentrațiile de ^{222}Rn [160].

Populația generală primește circa 50% din doza de expunere a sa la radiații naturale prin intermediul particulelor *alfa* (α) ale ^{222}Rn și a descendenților săi de dezintegrare [161]. Radonul a fost identificat ca fiind a doua cauză de dezvoltare a cancerului bronhopulmonar, după consumul de tutun [162].

Scopul cercetării în cauză a constat în cuantificarea concentrațiilor radionuclizilor naturali/tehnogeni în principalele componente ale mediului ambiant: materiale de construcție, produse alimentare, plante medicinale, apă potabilă, probe biologice și sol necultivat.

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 a. 2011-2015, au remarcat o activitate a concentrației medie a principalilor radionuclizi naturali diversă 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 [163, 164].

Datele prezentate în Figura 3.1 și **Anexa 2, Tabelul A 2.1** demonstrează că concentrații mai sporite ale K-40 au prezentat articolele: cărămida, materialele și accesorii pentru construcții, cimentul/gipsul și produsele chimice: vopsea, lac, adeziv etc. Valori mai diminuate ale radionuclidului sus-menționat au prezentat: granitul, articolele din lemn/mobilier și articolele din material de plastic [165].

Cât privește Th-232 și Ra-226 aceștia au fost mai activi în cărămidă și produsele chimice: vopsea, lac, adeziv etc., în special Ra-226 .

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. Astfel, în rezultatul clasificării putem deduce faptul că materialele de construcție atribuite clasei 5 „cărămidă” au înregistrat o valoare a activității efective specifice (Aeff) sporită, care reprezintă o valoare net superioară materialelor locale de origine argiloasă, înregistrând circa 1525,2 Bq/kg, comparativ cu produsele din categoria „Articole din lemn, mobilier”, care au înregistrat valori ale activității efective specifice nesemnificative, constituind 35 Bq/kg. O valoare net superioară a activității efective specifice au înregistrat și materialele de construcție din granit sau granitul ca materie primă pentru confecționarea materialelor de construcție – de 360,9 Bq/kg. Activitatea efectivă specifică, îndeosebi a materialelor de import, a înregistrat valori superioare, depășind astfel activitatea maximă admisibilă de 1,2-5 ori pentru materialele de construcție și finisare, utilizate în special, în construcția edificiilor locative: cărămidă, granit etc.

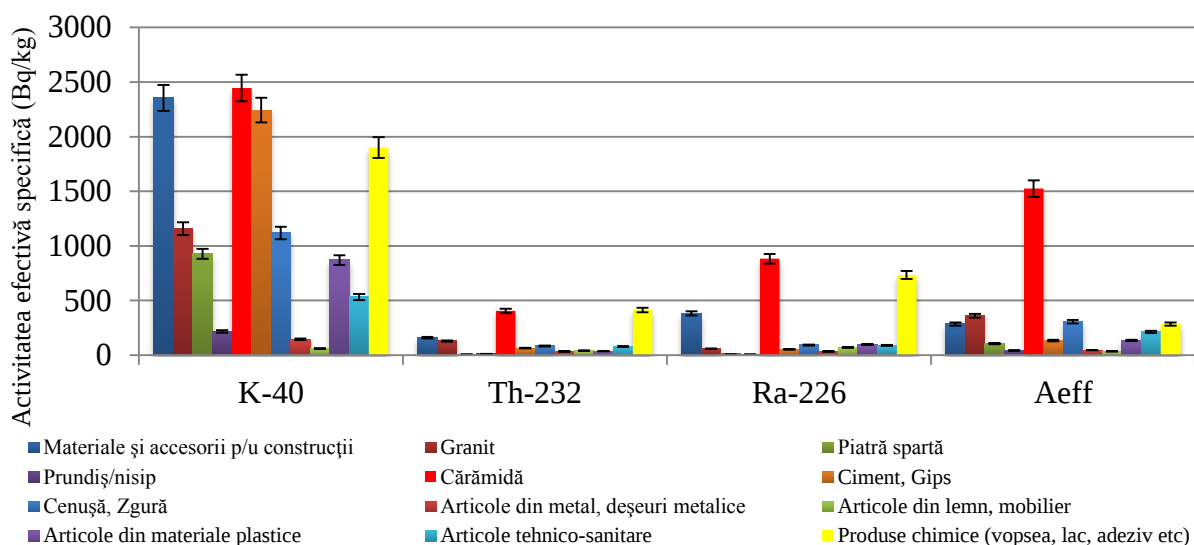


Fig. 3.1. Activitatea specifică (Bq/kg) a radionuclizilor ^{40}K , ^{232}Th și ^{226}Ra și activitatea efectivă specifică (Bq/kg), în diferite materiale de construcție și finisare, utilizate pe teritoriul Republicii Moldova.

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 [RNI – 2001]

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 [166].

Activitatea efectivă specifică a radionuclizilor naturali cercetați prin metoda spectrometrică, indică prezența și concentrarea acestora în materialele de construcție și finisare, utilizate frecvent pe teritoriul țării în construcția obiectivelor locative, de menire social-culturală sau industrială și necesită o monitorizare continuă pentru a asigura inofensivitatea radiologică a lor [87].

Reieșind din datele obținute, am stabilit că activitatea efectivă specifică a radionuclizilor naturali ^{226}Ra , ^{232}Th și ^{40}K 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 [87].

Conform regulamentului și normelor igienice privind reglementarea expunerii la radiații a populației de la sursele naturale, obiectivele de construcție sunt divizate în următoarele grupuri:

Grupul 1. Obiectivele locative, de menire social-culturală sau industrială construite, reconstruite sau după o reparație capitală la primirea lor în exploatare.

Grupul 2. Obiectivele locative, de menire socialculturală, industrială sau altă menire primite în exploatare până la adoptarea prezentului regulament și a normelor igienice.

Grupul 3. Obiectivele industriale și drumuri unde este exclusă aflarea de durată lungă a persoanelor și construirea drumurilor în perimetrul teritoriului zonelor de trai și a zonelor cu perspectivă de construcție.

Grupul 4. Unele obiecte izolate de tip închis sau deschis cu menire industrială, drumuri, obiecte subterane ș.a. exploatarea cărora nu este legată de aflarea sau care în perimetrul zonelor de trai sunt acoperite cu un strat de pământ sau alt material cu o grosime nu mai mică de 0,5 m.

În dependență de apartenență, conform clasificării obiectelor, sus-expusă nivelurile admise ale parametrilor igienicoradiologici reglementați nu trebuie să depășească valorile indicate în Tabelul 3.1 punctul 3.

Cel mai important factor de risc în expunerea populației la sursele naturale de radiații ionizante îl constituie chiar mediul de trai, adică interiorul locuințelor, prin concentrații sporite a radionuclizilor naturali, care se conțin în materialele de construcție și finisare și expunerea la ^{222}Rn și descendenții săi. Astfel, activitatea efectivă specifică a principalilor radionuclizi naturali, deseori depășesc activitatea maximă admisibilă de 1,2 – 5 ori, înregistrând unele valori destul de înalte.

Materialele de construcție și finisare, rămân a fi o sursă considerabilă de expunere a populației, îndeosebi de cumulare a radonului în interior locuințelor. Astfel, există o interdependență între materia primă utilizată la confecționarea diferitor materiale de construcție și concentrația principalilor radionuclizi în acestea. Ținând cont de unele aspecte fizice (Tabelul 3.2), cum ar fi: perioada de înjumătățire, tipul de radiație și proprietatea de cumulare, putem deduce riscul major la care este expusă populația în timpul aflării în locuințele nesupravegheate.

Din datele sus-expuse se constată o concentrație a radionuclizilor naturali din materialele de construcție și finisare, în limita normelor în vigoare, aceasta întrucât materia primă utilizată la producerea lor este constituită din roci cu conținuturi reduse în radioelemente. Valorile mai sporite în unele cazuri pentru aceeași radionuclizi cercetați, sunt datorate materialelor de construcție prioritar de import, conform preferințelor populației, utilizate în construcția edificiilor locative, socialculturale și de producere: granit, cărămidă, gresie, faianță și fosfogips. Aceste materiale de construcție conțin în componența materiei prime utilizate la confecționarea lor concentrații ridicate de radioelemente. Radionuclizii naturali, determinați prin metoda spectrometriei *gama* din probele de materiale de construcție și finisare, se deosebesc prin variația spectrului radiațiilor *gama* pe care ei îl emit. Astfel, pentru fiecare radionuclid natural cercetat în spectrul de variație se selectează, cel puțin, câte o radiație *gama* specifică. Concentrația fiecărui radionuclid în parte s-a obținut prin raportarea intensității *gama* specifice a acelui radionuclid

dintr-o probă necunoscută, față de intensitatea *gama* specifică a aceluiași radionuclid dintr-un etalon cu o concentrație cunoscută pentru aceeași valoare energetică [167].

Tabelul 3.2. Datele fizice ale principalilor radionuclizi naturali și tipul radiației eminate

Nr	Nuclidul	Perioada de înjumătățire	Tipul radiației
1	²²⁶ Ra	1600 a.	$\alpha\gamma$
2	²³² Th	$1,41 \times 10^{10}$ a.	$\alpha\gamma$
3	⁴⁰ K	$1,28 \times 10^9$ a.	$\beta\gamma$
4	²²² Rn	3,825 z.	α
5	²²⁰ Rn	55,6 s.	α

În Tabelul 3.3. sunt prezente câteva linii *gama* energetice specifice elementelor ²²⁶Ra, ²³²Th și ⁴⁰K. Au fost selectați anume acei radionuclizi în baza cunoașterii cărora se calculează indicele de radioactivitate.

Tabelul 3.3. Liniile energetic specifice pentru principalii radionuclizi naturali ²²⁶Ra, ²³²Th și ⁴⁰K, prezenți în materialele de construcție și finisare, frecvent utilizate pe teritoriul Republicii Moldova

Nr	Radionuclidul	Linii energetice, KeV
1	²²⁶ Ra	352, 609, 1760
2	²³² Th	583, 910, 970, 2620
3	⁴⁰ K	1460

În urma efectuării măsurătorilor spectrometrice a radionuclizilor, putem citi pe spectrogramă intensitatea radiației *gama* de o anumită valoare emisă de către un anumit radionuclid, în cazul dat de către radionuclizii naturali ²²⁶Ra, ²³²Th și ⁴⁰K, care apare sub forma unui pisc cu o anumită arie, ce corespunde numărului de impulsuri. Astfel, concentrația radionuclidului s-a determinat față de un etalon cunoscut, după formula: $C_{pr} = \frac{A_{pr}}{A_{et}} \times C_{et}$

C_{pr} – concentrația probei necunoscute;

C_{et} – concentrația etalonului cunoscut;

A_{pr} – aria picului probei;

A_{et} – aria picului etalonului.

La aplicarea formulei sus-prezentate s-au luat în calcul toate corecțiile necesare pentru obținerea unui rezultat maximal veridic: corecția de scădere a fondului natural, corecția de greutate prin cântărirea exactă a probelor și indicarea geometriei utilizate, corecția de timp de măsură, cu setarea aceluiași timp de măsurare.

Principalii radionuclizi naturali prezenți în materialele de construcție și finisare și care pot polua mediul intern în cazul depășirii concentrației maximal admisibile sunt: elementele din seria naturală a ²³⁸U și seria naturală a ²³⁵U, aceste două elemente împreună cu ²³⁴U formează un

amestec denumit uraniu natural (Unat); elementele din seria naturală a ^{232}Th și radionuclidul ^{40}K . Astfel, seria naturală a ^{238}U este alcătuită din două familii radioactive: familia ^{238}U , ^{234}Th , ^{234}Po , ^{234}U și ^{230}Th și familia ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po , ^{210}Pb , ^{210}Bi , ^{210}Po și ^{206}Pb . Radionuclizii care s-au analizat prin metoda spectrometrică la radiații *gama* sunt: ^{226}Ra ; ^{232}Th și ^{40}K . Aceștia intră în structura formulei indicelui de radioactivitate, adică indicele care caracterizează nivelul de radioactivitate al unui produs [168].

Astfel, prin studiul menționat în subcapitolul 3.1 am elucidat potențialul de iradiere al unor materiale de construcție și finisare, utilizate mai frecvent pe teritoriul Republicii Moldova în construcția și/sau reconstrucția obiectivelor locative, socialculturale și de producere, provenite din zone cu fond radioactiv natural crescut: argilă, granit, cenușă, zgură etc., exprimat în final prin indicele de radioactivitate.

Cuantificarea concentrațiilor radionuclizilor naturali și tehnogeni în componentele mediului ambiant: apă, sol, materiale de construcții, depuneri atmosferice, aerosoluri etc., în funcție de an. În Republica Moldova periodic are loc o actualizare a estimării expunerii populației la radioactivitatea naturală. Investigațiile spectrometrice, radiometrice și dozimetrice în a. 2012-2016 au demonstrat că valorile concentrațiilor radionuclizilor naturali principali: ^{134}Cs , ^{137}Cs și ^{90}Sr și a activității sumare *beta* ale componentelor mediului, incluse în studiu, nu au depășit CMA, stipulate în NFRP-2000, cu excepția activității specifice efective (Aef) în unele mostre de materiale de construcție și finisare. În normele naționale de radioprotecție este stipulat că indicatorul în cauză nu trebuie să depășească 300 Bq/kg (Tabelul 3.4).

Tabelul 3.4. Activitatea radionuclizilor în diverse probe, prelevate pe teritoriul Republicii Moldova în perioada a. 2011-2016

Activitatea radionuclidului, Bq/kg, Bq/l	2012		2013		2014		2015		2016		Normele admisibile, Bq/kg, Bq/l
	max	min	max	min	max	min	max	Min	max	min	
Produse alimentare											
¹³⁷ Cs	6,5	1,5	20,1	<1,5	93,2	<1,5	26,7	<1,5	9,53	<1,5	360
⁹⁰ Sr	5,1	0,7	4,02	<0,7	18,6	<0,7	3,3	<0,7	32,3	<0,7	200
Materiale de construcție											
¹³⁷ Cs	88,2	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	A _{ef} <300
⁹⁰ Sr	6,3	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	
²²⁶ Ra	226	1,85	137,3	-	382	8	882	8	424	8	
²³² Th	232	7	78,4	-	160,2	7	403,3	7	123,6	7	
⁴⁰ K	948	20	1659	-	1089	20	1118	20	1979	20	
A _{ef}			272	20	404,6	<20	641,1	<20	458,2	<20	
Plante medicinale											
¹³⁷ Cs	101,6	1,5	63,4	<1,5	160,4	<1,5	57	<1,5	47,2	<1,5	160
⁹⁰ Sr	55,0	0,7	6,34	<0,7	32,4	<0,7	40	<0,7	18,0	<0,7	100
Apă potabilă											
¹³⁷ Cs	1,5	0	2,19	<1,5	3,2	<1,5	2,14	<1,5	2,0	<1,5	8,0
⁹⁰ Sr	0,7	0	0,7	<0,7	1,18	<0,7	0,7	<0,7	0,7	<0,7	8,0
Probe biologice											
¹³⁷ Cs	12,3	1,5	2,1	<1,5	-	-	-	-	1,5	<1,5	160
⁹⁰ Sr	0,7	0,7	0,7	<0,7	-	-	-	-	0,6	<0,7	100
Sol necultivat											
¹³⁷ Cs	-	-	-	-	24,2	10,08	29,58	10,08	-	-	160
⁹⁰ Sr	-	-	-	-	4,7	2,1	22,3	2,1	-	-	100

Astfel, prin analiza spectrometrică a concentrațiilor radionuclidului ^{137}Cs în produse alimentare, materiale de construcție, plante medicinale, apă potabilă, probe biologice și sol necultivat s-a demonstrat că valorile maxime ale acestora în perioada a. 2012-2016 au fost cuprinse, respectiv, în intervalele: 6,5...93,2 Bq/kg; 0,5...88,2 Bq/kg; 47,2...160,4 Bq/kg; 1,5...3,2 Bq/l, 1,5...12,3 Bq/kg și 24,2...29,58 Bq/kg. Normele naționale de radioprotecție pentru indicatorii nominalizați prevăd: 360 Bq/kg, 300 Bq/kg, 160 Bq/kg, 8,0 Bq/l, 160 Bq/kg și 160 Bq/kg.

Pentru ^{90}Sr valorile concentrațiilor au constituit: 3,3...32,3 Bq/kg; 0,7...6,3 Bq/kg; 6,34...55,0 Bq/kg; 0,7...1,18 Bq/l; 0,6...0,7 Bq/kg și 2,1...22,3 Bq/kg, iar normele naționale de radioprotecție pentru indicatorii nominalizați prevăd: 200 Bq/kg; 300 Bq/kg; 100 Bq/kg; 8 Bq/l; 100 Bq/kg și 100 Bq/kg (tabelul 3.4, Figura 3.2).

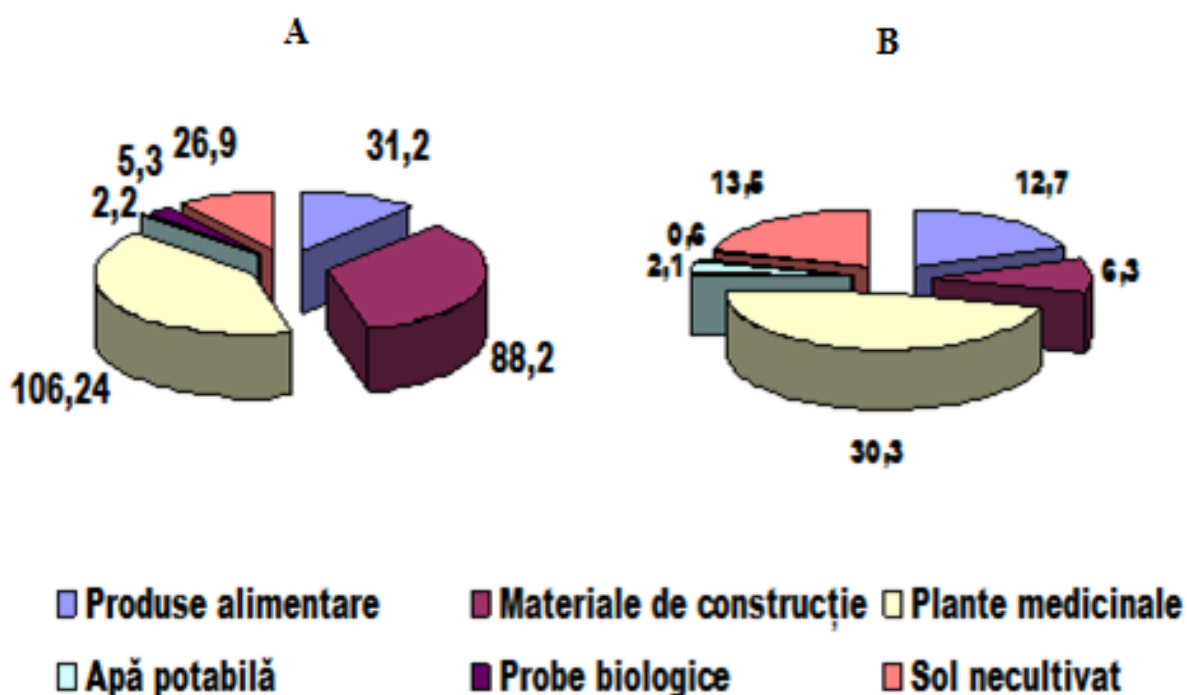


Fig. 3.2. Activitatea radionuclizilor ^{137}Cs (A) și ^{90}Sr (B) în diverse probe, prelevate pe teritoriul Republicii Moldova în perioada a. 2011-2015.

Un studiu aparte a constituit depistarea concentrațiilor radionuclizilor naturali: K-40, Th-232 și Ra-226 și a activității efective specifice (Bq/kg) în materialele de construcție: piatră spartă, cărămidă, cenușă, zgură, articole din lemn (mobilier), articole tehnico-sanitare, granit, prundiș/nisip, ciment/ghips, articole din metal/deșeuri metalice, articole din materiale plastice, produse chimice (vopsea, lac, adeziv etc).

S-a stabilit că activitatea specifică efectivă (Aef) în unele mostre de materiale de construcție și finisare a variat în intervalul 100,6...1500 Bq/kg, astfel depășind limitele stipulate

în Normele naționale de radioprotecție, care prevăd că Aef specifică nu trebuie să depășească 300 Bq/kg (Tabelul 2, Figura 3.3).

Studiu de caz. Investigarea a 143 mostre de sol radiocontaminat, prelevat de la locul accidentului nuclear din 23.09.15 în mun. Chișinău a depistat că activitatea Cs-137 a variat în limitele 640,0-17090,0 Bq/kg, ceea ce depășește de sute de ori normele admisibile (Figura 3.3).

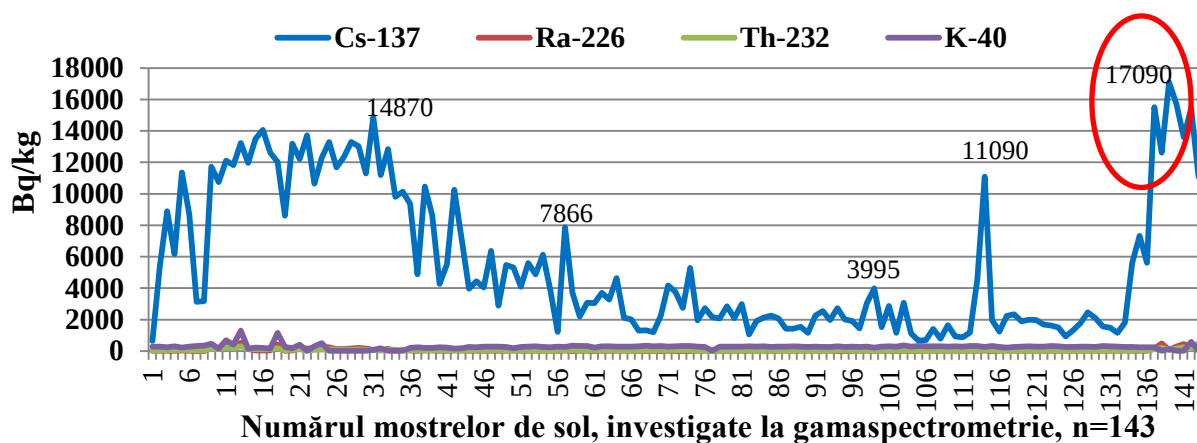


Fig. 3.3. Variația concentrației Cs-137 în sol în rezultatul accidentului nuclear din mun. Chișinău, 23.09.2015.

Faptul că concentrația Cs-137 în probele biologice (urină), prelevate de la persoane, care locuiesc în clădirile adiacente locului accidentului, cât și în legumele cultivate pe acest sol erau foarte diminuate (0-15,4 Bq/kg) denotă despre plasarea/aflarea surselor de Cs-137 pe acest sol o perioadă scurtă (Figura 3.4).

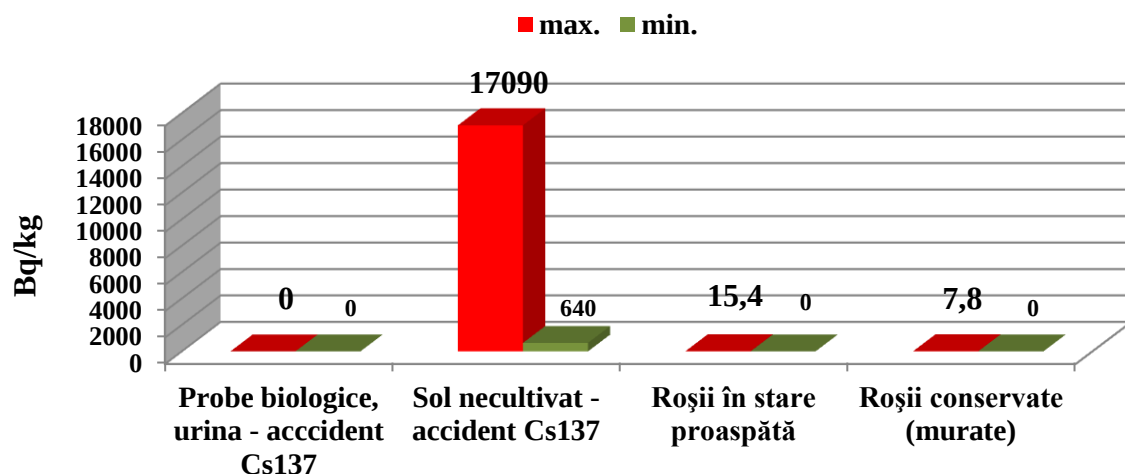


Fig. 3.4. Activitatea efectivă specifică a Cs-137, Ra-226, Th-232 și K-40 în probele de sol, colectate de la locul accidentului nuclear din mun. Chișinău, 23.09.2015.

3.2. Evaluarea sanitaro-igienică a concentrației de ^{222}Rn și descendenților săi în principalele componente ale mediului ambient. 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 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 astfel 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. Structura chimică a mineralelor, respectiv, compoziția de minerale a formațiunilor geologice, structura caracteristică a zonei din punct de vedere a porozității, cantității de umiditate, densitate, permeabilitate și distribuția granulometrică pot avea și ele un rol important. 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. Caracteristicile geologice ale unor zone geografice sedimentare contribuie la acumularea locală a radonului, deoarece influențează migrarea radonului în sol și emanarea acestuia în atmosferă [169].

În conformitate cu concentrația de radon măsurată în sol, solurile pot fi clasificate în trei categorii:

1. Zone cu risc sporit, unde concentrația de radon a solului este mai mare de 50 kBq/m^3 . În astfel de zone subsolul este bogat în uraniu și radium și permeabilitatea solului este sporită.
2. Zone cu risc mediu, unde concentrația radonului în sol variază în limitele $10\text{-}50 \text{ kBq/m}^3$. De obicei, în astfel de zone concentrația de uraniu și radium nu depășesc „valoarea normală” pentru soluri, iar permeabilitatea solurilor este medie.
3. Zone cu risc mic, unde concentrația de radon a solului este mai mică de 10 kBq/m^3 . Concentrația de uraniu și radium în așa zone este mai mică decât valoarea medie, de exemplu solurile calcaroase și nisipoase.

Această clasificare din punct de vedere a criteriilor geologice poate servi ca bază pentru cartografierea radonului unei zone geografice, precum și pentru proiectarea fundației și structurilor caselor [170].

În Figura 3.5 sunt prezentate particularitățile geologice și caracteristicile solului în Republica Moldova.

În studiul în cauză am efectuat 296 măsurători ale concentrațiilor de radon din solul adiacent diferitor tipuri de roci, la adâncimea de 0,5-0,8 m (**Anexa 3**).

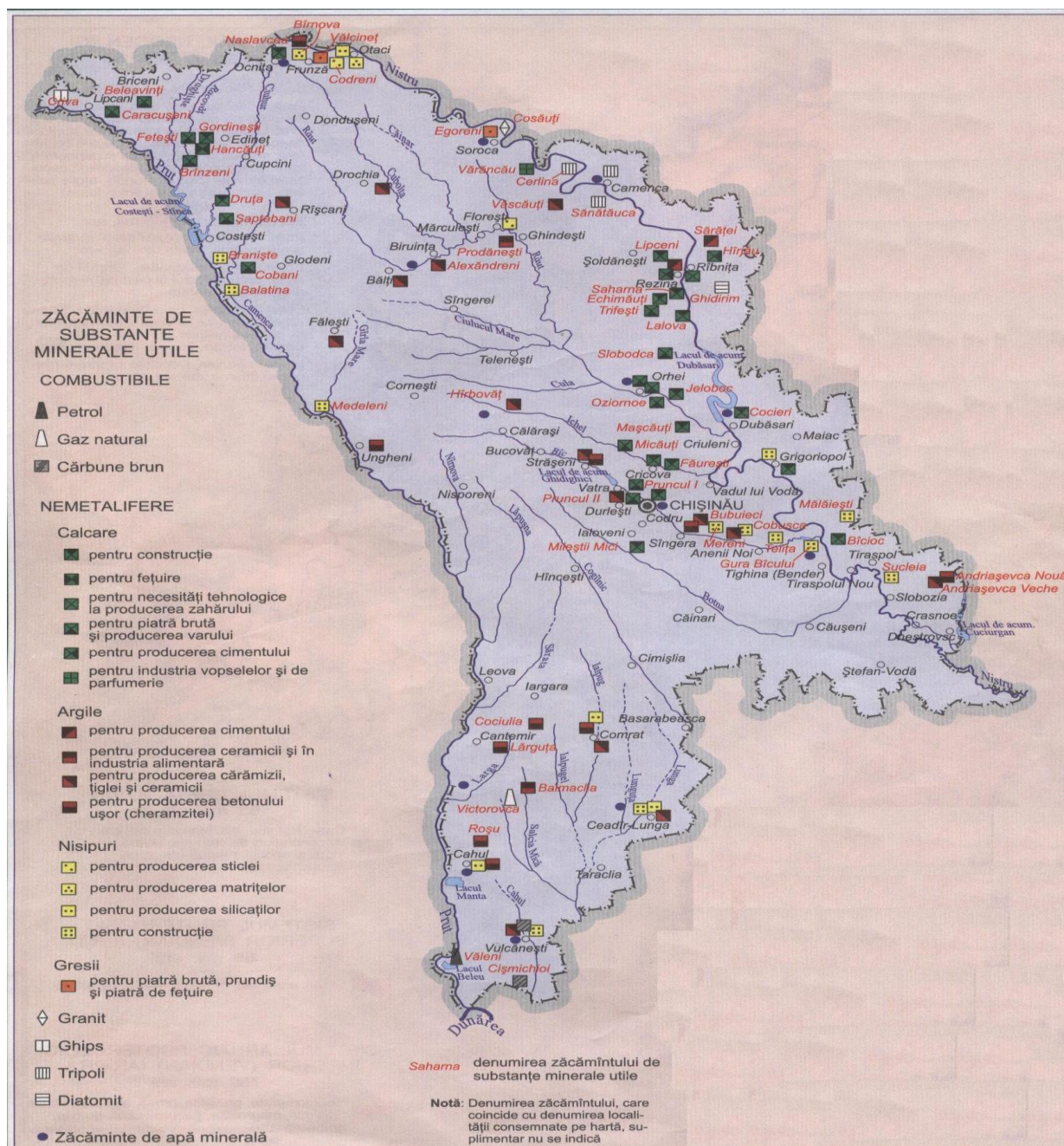


Fig. 3.5. Harta geologică a Republicii Moldova.

Rezultatele au demonstrat că concentrațiile radonului au variat în funcție de tipul solului. Astfel, în solurile adiacente tipului de rocă gresie, valorile radonului și toronului au constituit respectiv, $1756,7 \text{ Bq/m}^3$ și 213 Bq/m^3 . Pentru solul argilos indicii au constituit – $169,0 \text{ Bq/m}^3$ 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 toronului au fost detectate în solurile de tip gresie și argilos (Figura 3.6).

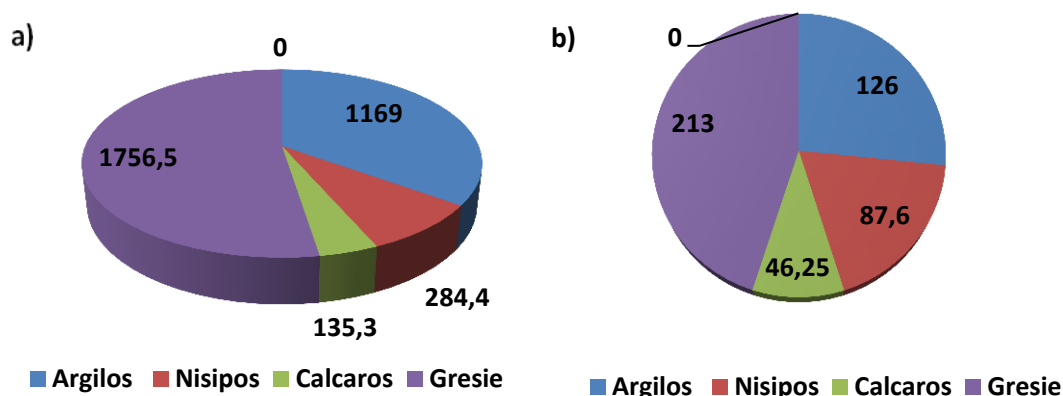


Fig. 3.6. Concentrația de radon (a) (Bq/m³) și toron (b) (Bq/m³) la exhalarea din sol în funcție de tipul rocii, a. 2011 (n=296).

Totodată, s-a demonstrat că în Zona de Sud și Centru indicii studiați au prezentat valori mai sporite, constituind respectiv, 1419,28 Bq/m³ și 144,28 Bq/m³, 1108,25 și 144,28 Bq/m³. Cele mai mici valori ale radonului și toronului au fost depistate în Zona Centru 164,7 Bq/m³ și 78,6 Bq/m³ (Figura 3.7).

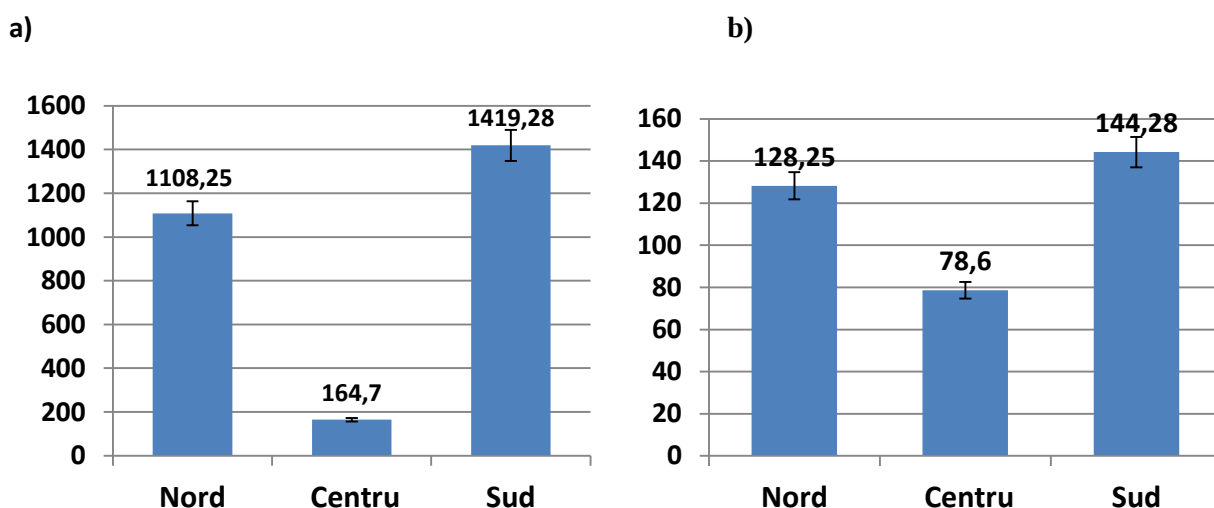


Fig. 3.7. Concentrația de radon (a) (Bq/m³) și toron (b) (Bq/m³) la exhalarea din sol în principalele Zone ale Republicii Moldova, a. 2011.

Analizând rezultatele obținute referitor la detectarea concentrațiilor de radon și toron în funcție de localitate, de menționat că, iarăși s-au evidențiat raioanele de Nord, în special r. Soroca cu valorile 1756,5 Bq/m³ – pentru radon și 213 Bq/m³ – pentru toron și raioanele de sud – Cantemir și Comrat (Figura 3.8 și 3.9).

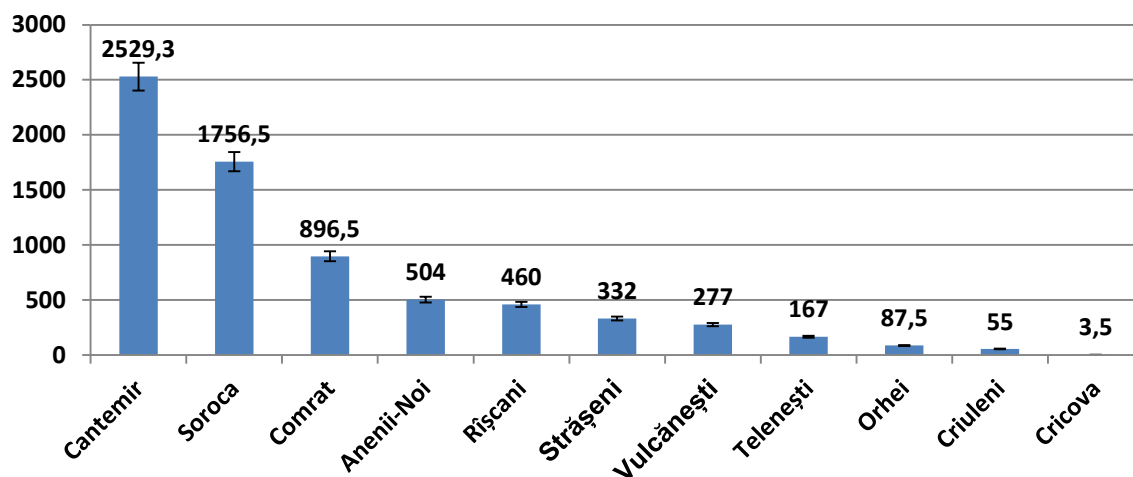


Fig. 3.8. Concentrația de radon (Bq/m^3) la exhalarea din sol, în funcție de localitatea Republicii Moldova, a. 2011.

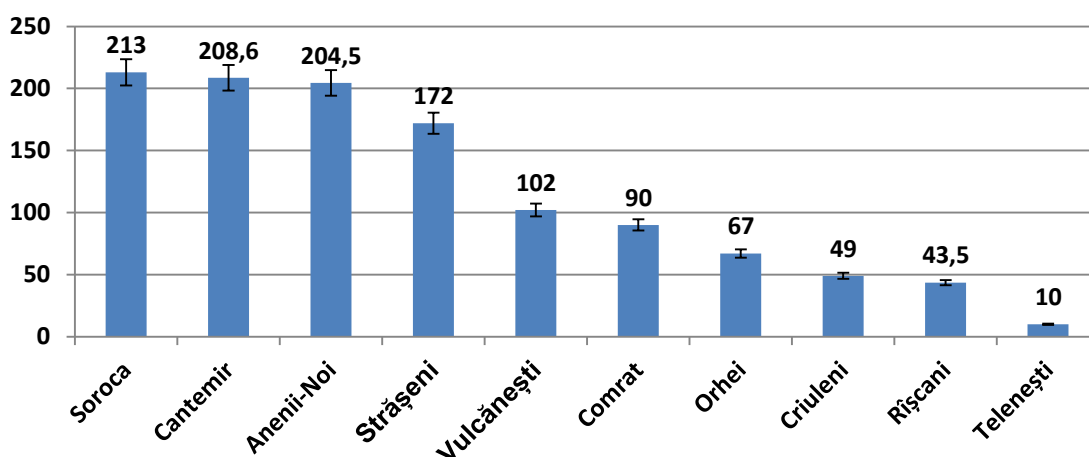


Fig. 3.9. Concentrația de toron (Bq/m^3) la exhalarea din solurile Republicii Moldova, în funcție de localitate, a. 2011.

Studierea indicelui în materiale de construcție a demonstrat valori înalte în argila pentru producerea betonului ușor (cheramzită): $2276 \dots 2705 \text{ Bq/m}^3$ în raionul Cantemir și $813 \dots 980 \text{ Bq/m}^3$ în raionul Comrat. În probele de gresii pentru piatră brută și piatră de făuire, indicele, de asemenea, avea valori înalte, constituind $1723 \dots 1790 \text{ Bq/m}^3$. Totodată, în calcarele pentru piatră brută și producerea varului indicele a constituit $39 \dots 48 \text{ Bq/m}^3$, iar în nisipul pentru construcție $94 \dots 110 \text{ Bq/m}^3$.

Baza de date obținută a fost utilizată în cartarea radioactivității radonului la exhalarea din sol, în diverse zone ale Republicii Moldova (Figura 3.10).

Rezumând cele expuse putem conchide că concentrația radonului și toronului în sol a variat în funcție de tipul acestuia. Rezultatele denotă înregistrarea valorilor înalte ale concentrațiilor de radon în sol, care depășesc CMA, conform normativului național (200 Bq/m^3)

atât pentru solurile de tip gresie, utilizate pentru producerea pietrei brute și pietrei de fățuire 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.

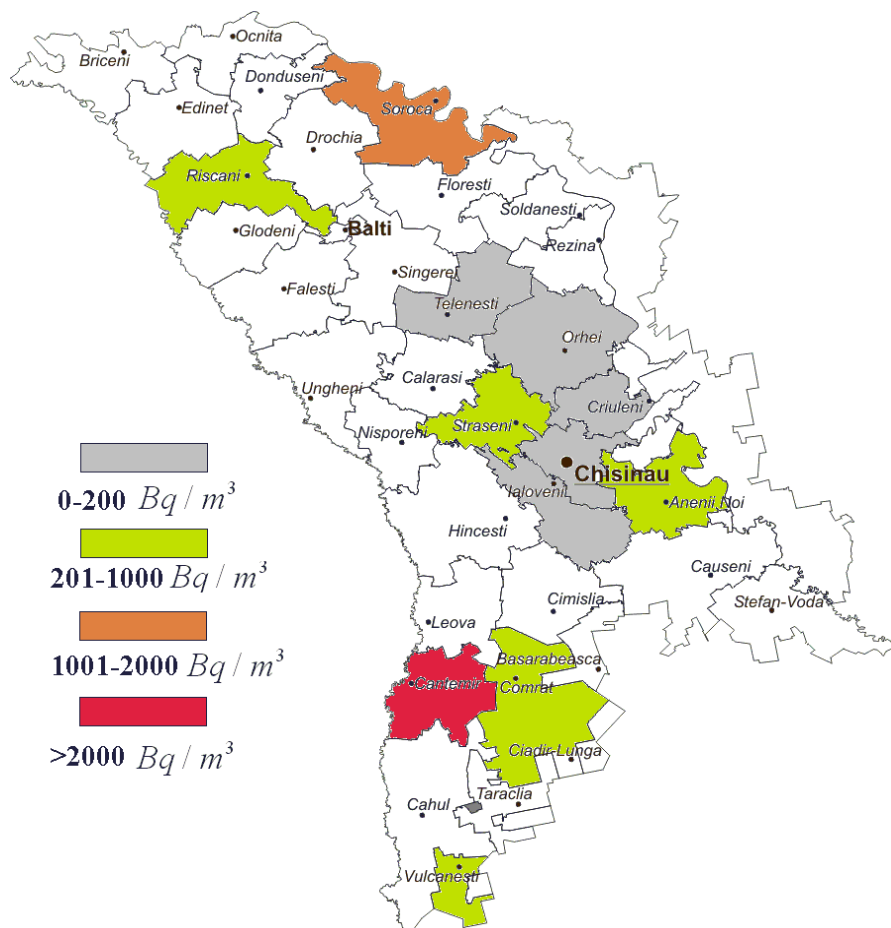


Fig. 3.10. Cartarea radioactivității radonului la exalarea din sol, în diverse zone ale Republicii Moldova.

3.3. Determinarea concentrațiilor de radon în apele Republicii Moldova

Un accent deosebit a constituit studierea concentrației de radon în apele potabile din Republica Moldova. Pentru a monitoriza concentrația de radon în apele potabile din Republica Moldova în perioada a. 2012-2014 s-au efectuat 511 măsurători în 57 de probe de apă prelevate din fântâni, sonde arteziene, apeduct (r. Nistru), izvor, râul Prut, din diferite regiuni ale republicii.

Concentrațiile ^{222}Rn în probele de apă, colectate din diferite surse, au fost determinate în baza unei metode simple. Rezultatele denotă că în apele din sondele arteziene concentrația radonului a variat în limitele $1,977\text{--}4,072\text{ Bq/m}^3$; apele de apeduct — $0,10\text{--}8,96\text{ Bq/m}^3$; apele de izvor — $4,857\text{--}7,729\text{ Bq/m}^3$; apele de fântâni — $0,447\text{--}11,38\text{ Bq/m}^3$, 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 (**Anexa 4**).

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 [171].

Determinarea concentrației radonului s-a efectuat prin analiza cantitativă a produselor sale de dezintegrare de viață scurtă în camera de ionizare. Imediat după dezintegrare, nucleul rezultat, poloniu ²¹⁸Po, pentru o perioadă scurtă de timp capătă o sarcină pozitivă, deoarece unii dintre electroni sunt eliberați în timpul de emisie a particulelor *alfa*. Ioni încărcăți pozitiv, sub influența câmpului electric, se acumulează pe suprafața unui senzor semiconductor. Numărul de ioni de ²¹⁸Po colectați este proporțional cu concentrația de radon în aerul din interiorul camerei de măsurare. Cu toate acestea, ²¹⁸Po este, de asemenea, un izotop instabil, cu timpul de înjumătățire de 3,5 minute, iar senzorul poate înregistra doar aproximativ jumătate din particulele emise în urma dezintegrării, ce sunt îndreptate spre suprafața senzorului. Relația dintre dezintegrările înregistrate de radon și ²¹⁸Po poate fi determinată după aproximativ 5 cicluri de semi-înjumătățire, adică după aproximativ 15 minute, care este un interval minim de măsurare a concentrației de ²²²Rn.

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

Radonometrul *RTM1688* are două regimuri de măsurare a concentrației de ²²²Rn – încet (Slow), ce ia în calcul nu doar dezintegrarea ²¹⁸Po, ci și a ²¹⁴Po, și rapid (Fast), care ia în calcul doar dezintegrarea ²¹⁸Po. Avantajul modului rapid de înregistrare este o reflectare rapidă a fluctuațiilor concentrației, în timp ce modul lent are o sensibilitate de două ori mai mare, care, la rândul său, reduce eroarea statistică de măsurare, în funcție de numărul de dezintegrări detectate [172].

Măsurătorile concentrației de radon au fost efectuate pentru apele preluate din cele trei zone ale țării: Nord, Sud și Centru.

Rezultatele arată că, în zona de Nord a țării s-au înregistrat cele mai mari concentrații de radon, urmate 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 3.11).

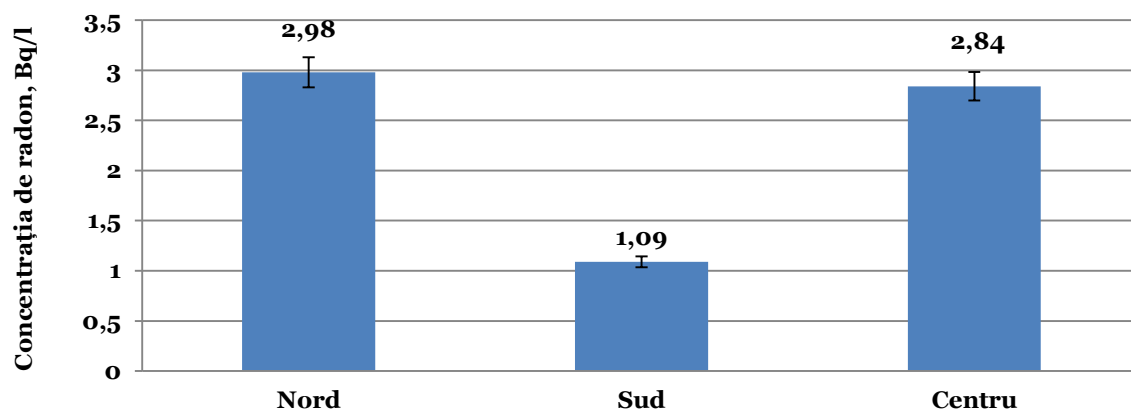


Fig. 3.11. Concentrația de radon în diferite surse de apă potabilă în regiunile Nord, Sud și Centru, în perioada 2012-2014.

În ceea ce privește tipul sursei de apă, rezultatele arată 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 3.12).

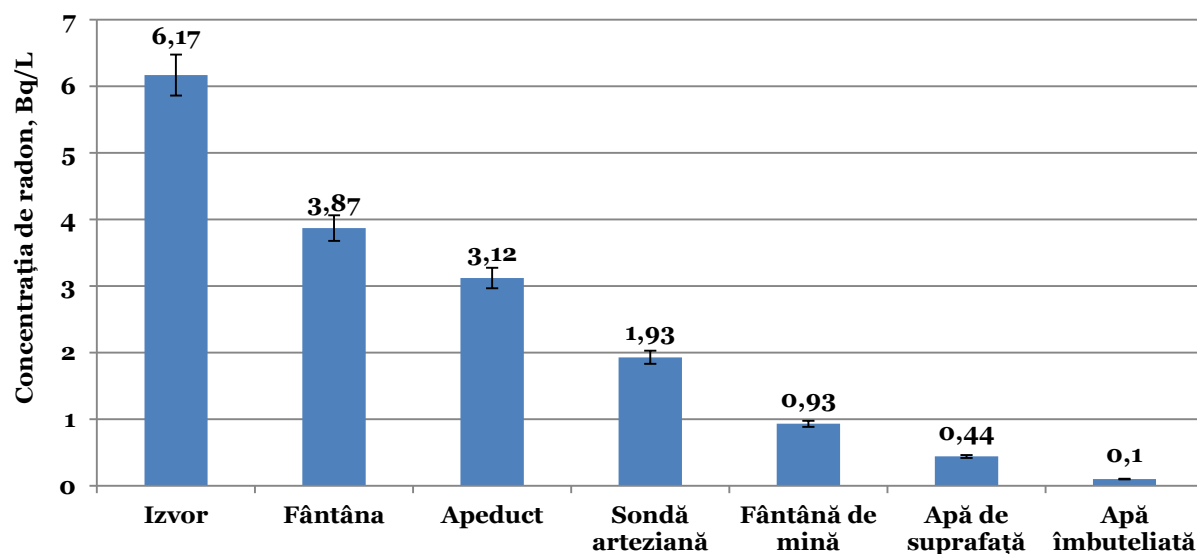


Fig. 3. 12. Concentrația de radon în diverse surse de apă potabilă, în perioada a. 2012-2014.

Totodată, s-a constatat că concentrația de radon din apă a variat în funcție de condițiile climatice. Astfel, în anul 2012, variabilitatea radonului în apă a constituit 0.082-11.38 Bq/l, în 2013 – 0.059-6.648, iar în 2014 – 0.082-11.385 Bq/l (Tabelul 3. 5).

Tabelul 3.5. Variabilitatea concentrației ^{222}Rn în apele din Republica Moldova, în perioada 2012-2014

Număr de măsurători			Limite de variații a concentrațiilor de Rn^{222} , Bq/L		
2012	2013	2014	2012	2013	2014
380	113	18	0,082 – 11,38	0,059 – 6,648	0,082 – 11,385

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. De menționat, că concentrațiile de radon în apele cercetate nu au depășit valorile admisibile conform normelor naționale[9] și Directivei 2013/59/Euratom[173].

A fost studiată, de asemenea, radioactivitatea ^{137}Cs și ^{90}Sr în apa potabilă din Republica Moldova pe parcursul perioadei 2011-2015. Rezultatele arată că conținutul de radionuclizi nu a depășit valorile stipulate în normele naționale (Tabelul 3.6).

Tabelul 3.6. Activitatea radionuclizilor în apa potabilă în Republica Moldova în perioada a. 2011-2015

Radionuclid, Bq/L	2011		2012		2013		2014		2015		Nivelurile naționale admisibile, Bq/L
	max	min	max	min	max	min	max	min	max	Min	
^{137}Cs	1,5	0	2,19	<1,5	3,2	<1,5	2,14	<1,5	2,0	<1,5	8,0
^{90}Sr	0,7	0	0,7	<0,7	1,18	<0,7	0,7	<0,7	0,7	<0,7	8,0

Studiul prezentat în subcapitolul în cauză este primul studiu detaliat al 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 Organizația Mondială a Sănătății. 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.

Astfel, în perioada a. 2012-2014 un total de 511 de mostre de apă au fost prelevate și analizate pentru conținutul lor de ^{222}Rn . Concentrațiile ^{222}Rn în probele de apă, colectate din diferite surse, au fost determinate pe baza unei metode simple, folosind radonometrul RTM 1688-2 și instalația specială pentru determinarea ^{222}Rn și a ^{220}Rn . Rezultatele denotă că în apele din sondele arteziene concentrația radonului a variat în limitele 1,977-4,072 Bq/L; apele de apeduct – 0,10-8,96 Bq/L; apele de izvor – 4,857-7,729 Bq/L; apele de fântâni – 0,447-11,38 Bq/L, iar apele de suprafață – circa 2 Bq/L. S-a stabilit că concentrațiile de ^{222}Rn în apele cercetate nu au depășit valorile admisibile conform normelor naționale și Directivei 2013/59/Euratom.

Este necesar să se monitorizeze activitate 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 măsurători ale concentrațiilor de interior în încăperi: case de locuit, edificii culturale, școli, grădinițe, etc. În a. 2012 au fost efectuate 143 măsurători, în 2013 – 666, în 2014 – 527, iar în 2015 – 451 măsurători (Tabelul 3.7, **Anexa 5**, Tabelul A. 5.1 și Tabelul A. 5.2).

Tabelul 3. 7. 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 Rn^{222} , Bq/m^3				
	2011	2012	2013	2014	2015	2011	2012	2013	2014	2015
Aerul de interior (încăperi locative sau de producție)	89	143	666	527	451	21 – 431	18 – 480	26 – 717	30 – 717	11 – 619

Rezultatele denotă că concentrația Rn^{222} în încăperile de locuit a variat în funcție de an și condițiile geologice ale localității (Tabelul 3.7, Figura 3.14). Astfel în a. 2011 s-au efectuat 89 măsurători în aerul de interior, iar limitele de variație au constituit 21-431 Bq/m^3 (Figura 3.13).

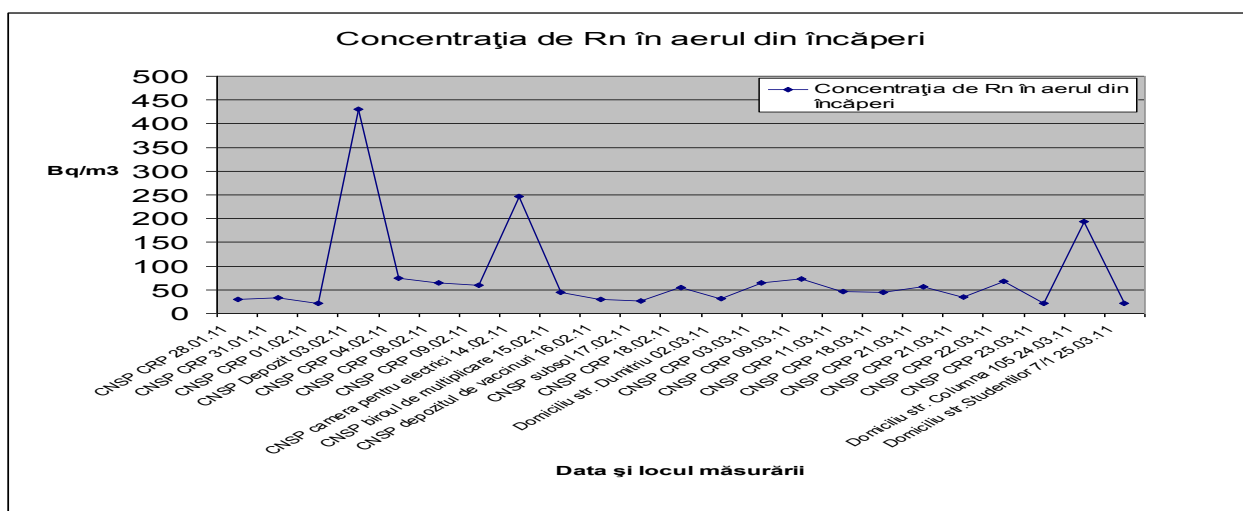


Fig. 3.13. Concentrația radonului în aerul din încăperi, a. 2011.

Datele din Tabelul 3.7 relevă că concentrația Rn^{222} în aerul de interior (încăperi locative și de producere) a variat în anii 2011, 2012, 2013, 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 [RNI (2001)], 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 100 Bq/m^3 . În aerul camerelor edificiilor recent construite CMEAE a ^{222}Rn nu trebuie să depășească 150 Bq/m^3 . În cazurile depistării valorilor superioare ale CMEAE ale ^{222}Rn s-au întreprins măsuri de radioprotecție, îndreptate spre evitarea pătrunderii gazului în aerul încăperilor (ermetizarea dușumelei încăperilor parterului, ventilația eficientă a spațiului deasupra dușumelei, utilizarea materialelor impermeabile pentru acoperirea pereților) și ameliorarea gradului de ventilație a încăperilor.

Rezultatele prezentate în Figura 3.14 denotă că valori majorate ale concentrațiilor radonului au fost înregistrate în încăperile amplasate la subsol, depozite, lipsite de ventilație. Astfel, în încăperile sus-menționate valorile radonului au fost cuprinse între 200 și 430 Bq/m^3 .

Merită de menționat faptul, că concentrațiile radonului într-o încăpere poate varia în timp. Astfel, pe parcursul efectuării măsurătorilor în lunile ianuarie-martie a. 2011 valorile rezultatelor au variat în limitele $20 \dots 74 \text{ Bq/m}^3$ (Figura 3.14).

Variația concentrațiilor de Radon în aerul interior al diferitor tipuri de locuințe și edificii, în diferite zone ale Republicii Moldova. Determinarea concentrațiilor de ^{220}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 3.15).

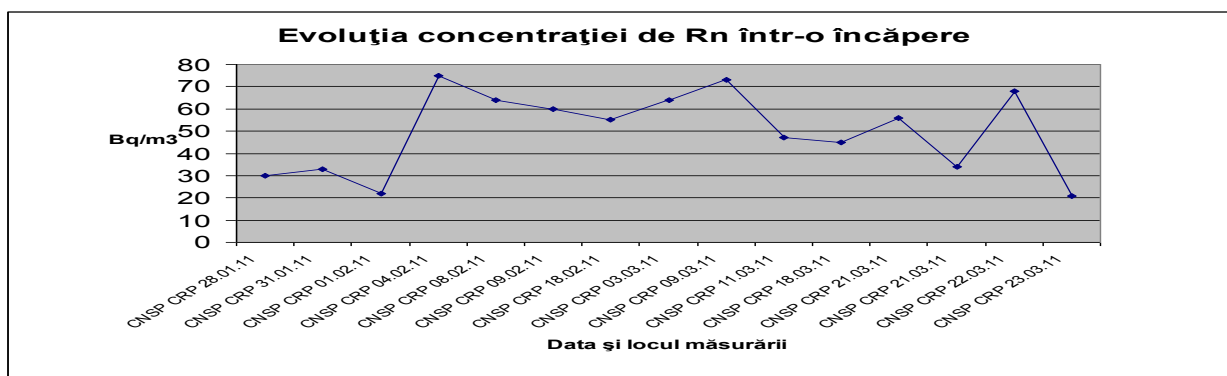


Fig. 3.14. Evoluția concentrației de radon într-o încăpere, lunile ianuarie-martie, a. 2011.

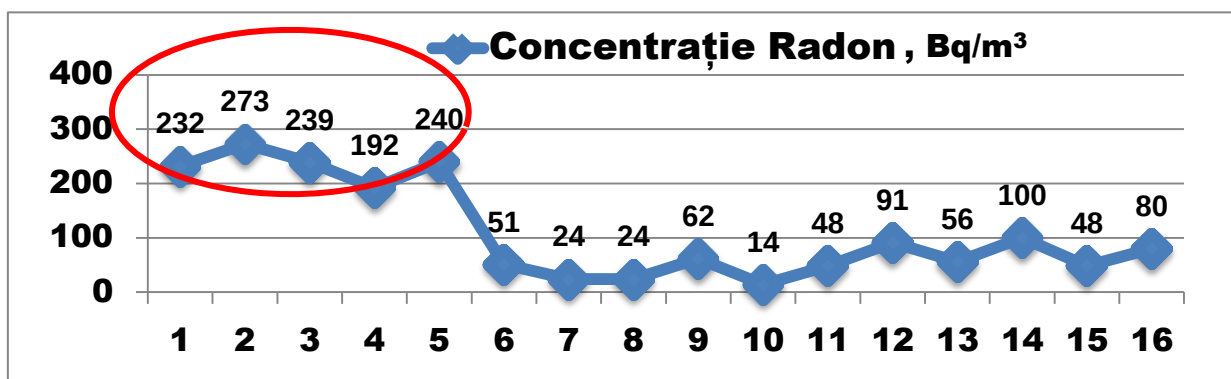


Fig. 3.15. Variația concentrațiilor de Radon în aerul interior al diferitor tipuri de locuințe și edificii publice, în diferite zone ale Republicii Moldova.

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.

Măsurarea concentrațiilor de Radon în case de locuit de tip nou/vechi din diferite localități ale Republicii Moldova: Chișinău, Leova, Cahul, Durlești a stabilit valori admisibile în r. Cahul $64,0 \pm 22,6$ Bq/m³, Leova $100,0 \pm 54,0$ Bq/m³ în construcții finisate pentru a fi date în exploatare, norma conform cerințelor naționale de radioprotecție constituind 100,0 Bq/m³. Totodată, în or. Durlești, Centrul de Sănătate Leova și mun. Chișinău au fost depistate concentrații sporite. Astfel, rezultatele denotă că valorile concentrațiilor de Radon în localitățile indicate au variat în limitele 192-273 Bq/m³, ceea ce demonstrează că populația țării este expusă la suprainradieri, cauzate de radon, care prezintă risc sporit pentru sănătate. Putem conchide că 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 mari în majoritatea punctelor de măsurare. Rezultatele demonstrează că problema radonului necesită să fie în vizorul instituțiilor de stat prin elaborarea unei strategii naționale pentru diminuarea expunerii populației.

Elucidarea expunerii profesionale la radon. Efectuarea a 217 măsurători în aerul de interior al Instituțiilor Medico Sanitare Publice (n=31) din mun. Chișinău a stabilit că, concentrația Radonului a variat în limitele 12,0...634,0 Bq/m³. În majoritatea cazurilor (64,5%) acestea erau la limita normelor naționale, valoarea medie constituind 205,8 Bq/m³. Totodată, în 35,5% de cazuri concentrația Radonului depășea cu mult normele naționale. Astfel, în SCM Ftiziopneumologie, CS Durlești, CS Grătiești și AMT Botanica Policlinica valorile medii ale Radonului au constituit, respectiv: $619,0 \pm 4,0$ Bq/m³, $586,0 \pm 10,0$ Bq/m³, $335,0 \pm 5,2$ Bq/m³ și $634,0 \pm 7,1$ Bq/m³, norma maximă admisibilă constituind 100-150 Bq/m³ (Figura 3.16).

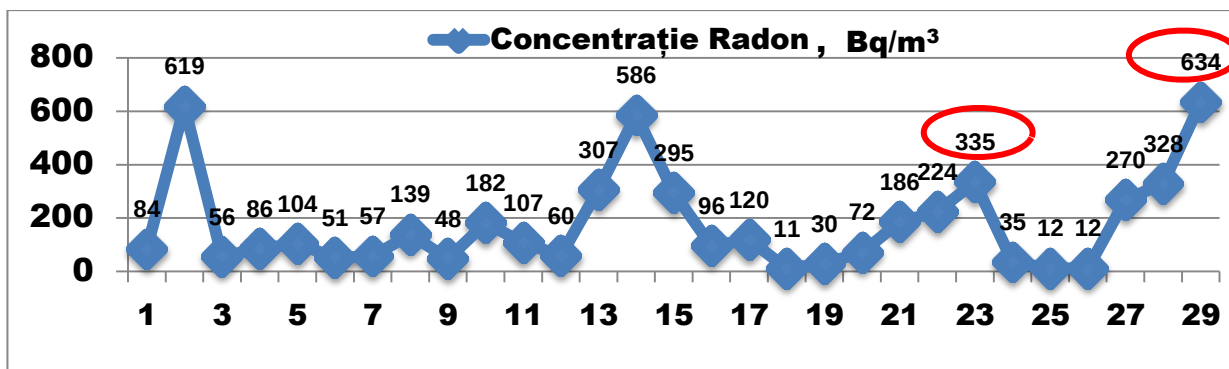


Fig. 3.16. Variația concentrațiilor de Radon în aerul de interior al Instituțiilor Medico Sanitare Publice din mun. Chișinău.

1 – AMT Centru; 2 – SCMF, Grenoble 147; 3 – SCM Nr.1; 4 – SCM Boli infecțioase copii; 5 – SCM Sf. Arhanghel Mihail; 6 – SCM Sf. Treime; 7 – SCM V. Ignatenco; 8 – AMT Rîșcani Policlinica; 9 – AMT Ciocana Policlinica; 10 – AMT Buiucani CMF; 11 – AMT Buiucani CCD CMF; 12 – CMF 4 Buiucani; 13 – AMT Buiucani CMF 6; 14 – CS Durlești; 15 – CS Sîngera; 16 – CS Bacioi; 17 – CS Bubuieci; 18 – CS Budești; 19 – CSM Chișinău; 20 – CSM Chișinău; 21 – CS Trușeni; 22 – CS Stăuceni; 23 – CS Grătiești; 24 – AMT Botanica 1; 25 – CS Ghidighici; 26 – CS Colonița; 27 – CS Aviația Civilă; 28 – CS Vadul lui Vodă; 29 – AMT Botanica Policlinica.

Pentru IMSP cu radioactivitate sporită au fost propuse recomandări de diminuare a factorului nociv.

În concluzie putem menționa că efectuarea a 217 măsurători în aerul de interior al IMSP (n=31) din mun. Chișinău a stabilit că, concentrația Radonului a variat în limitele 12,0...634,0 Bq/m³. În majoritatea cazurilor (64,5%) acestea erau la limita normelor naționale, valoarea medie constituind 205,8 Bq/m³. Totodată, în 35,5% de cazuri concentrația Radonului depășea cu mult normele naționale. Astfel, în SCM Ftiziopneumologie, CS Durlești, CS Grătiești și AMT Botanica Policlinica valorile medii ale Radonului au constituit, respectiv: 619,0±4,0Bq/m³, 586,0±10,0Bq/m³, 335,0±5,2Bq/m³ și 634,0±7,1Bq/m³ (norma maximă admisibilă 100-150Bq/m³). Pentru IMSP cu radioactivitate sporită au fost propuse recomandări de diminuare a factorului nociv. 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 mari în majoritatea punctelor de măsurare. Rezultatele demonstrează că problema Radonului necesită să fie în vizorul instituțiilor de stat prin elaborarea unei strategii naționale pentru diminuarea expunerii populației.

Influența factorilor abiotici de mediu (temperatura, umiditatea etc) asupra concentrației de radon. În vederea stabilirii influenței factorilor abiotici de mediu (temperatura, umiditatea etc) s-a efectuat analiza multifactorială clusteriană cu stabilirea distanței euclidiene și distanței linkage a interacțiunii parametrilor studiați. S-a demonstrat formarea clusterului A mai

mare, care cuprinde parametrii: concentrația radonului, temperatura maximă a solului, umiditatea medie a aerului și umiditatea minimă a aerului, ceea ce demonstrează influența semnificativă a factorilor de mediu nominalizați asupra concentrației de radon. Distanța euclidiană pentru clusterul dat a constituit 1580, ceea ce demonstrează legătura strânsă între componentele clusterului. Totodată, s-a demonstrat că temperatura medie a aerului, temperatura maximă a aerului, temperatura minimă a aerului, temperatura medie a solului și temperatura minimă a solului au un rol minor în exalarea radonului din sol (Figura 3.17).

Influența tipului și amplasarea edificiilor locative asupra concentrațiilor de radon.

Rezultatele cercetărilor au demonstrat că activitatea radonului variază și în funcție de tipul și amplasarea edificiilor locative. Astfel, au fost stabilite concentrații sporite, ce depășesc concentrațiile maxime admisibile, îndeosebi la subsol, demisol și parter și/sau casele individuale cu un nivel și fără fundament etanșat. În concluzie menționăm că concentrația ^{222}Rn în aerul interior, în special al edificiilor locative, unde omul își petrece circa $\geq 60\%$ din timp, este în strânsă dependență cu tipul materialelor de construcție/finisare, utilizate în construcție, tipul solului/rocilor adiacente construcțiilor, fundamentul etanșat și ventilația încăperilor (Figura 3.18).

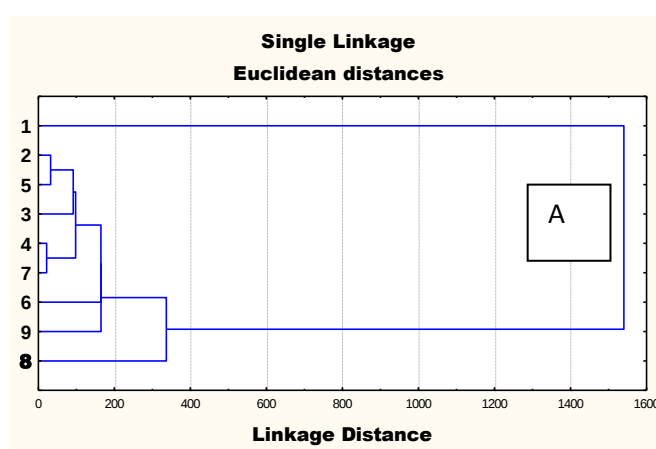


Fig. 3.17. Analiza clusteriană a influenței factorilor abiotici de mediu (temperatura și umiditatea aerului și solului) asupra concentrației Radonului în interior.

1 – concentrația radonului, 2 – temperatura medie a aerului, 3 – temperatura maximă a aerului, 4 – temperatura minimă a aerului, 5 – temperatura medie a solului, 6 – temperatura maximă a solului, 7 – temperatura minimă a solului, 8 – umiditatea medie a aerului, 9 – umiditatea minimă a aerului.

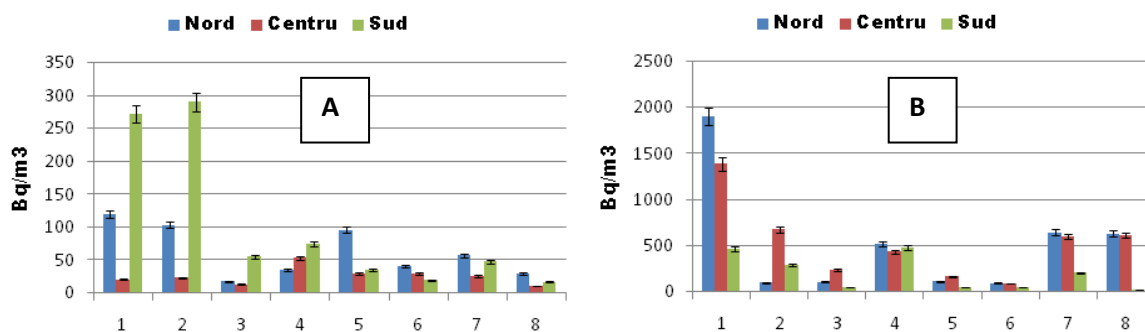


Fig. 3.18. Concentrațiile minime (A) și maxime ale ^{222}Rn și descendenților săi de viață scurtă din aerul interior al edificiilor locative, în funcție de tipul și amplasarea acestora. 1 – subsol, 2 – demisol, 3 – parter, 4 – casă individuală et. 1, 5 – casă de tip bloc, etajul 1, 6 – casă de tip bloc, etajul ≥ 2 , 7 – obiectiv social cultural (creșe, crădinițe, școli), 8 – IMPSP.

Rezultatele prezentate în Figura 3.19 evidențiază că concentrațiile ^{222}Rn și ale descendenților săi de viață scurtă din aerul interior al edificiilor locative variază în funcție de tipul și amplasarea lor. Concomitent, concentrația ^{222}Rn în aerul interior este în strânsă corelare cu tipul materialelor de construcție, tipul solului/rocilor adiacente construcțiilor, fundamentului etanșat și ventilația.

Calcularea dozei efective anuale a expunerii populației la radon. Rezultatele obținute în urma efectuării măsurărilor concentrației de ^{222}Rn și ai descendenților săi de viață scurtă în aerul interior al edificiilor locative, au evidențiat concentrațiile sporite de ^{222}Rn ca factor de risc pentru sănătatea publică.

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 bolilor 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:

- radiația cosmică – 13,49%
- radiația gama telurică – 14,57%
- surse de iradiere prin ingestie: K-40, U-238 și Th-232 – 10,33%
- surse de iradiere prin inhalare Rn-222 și descendenții lui – 56,17%
- surse de iradiere prin inhalare Rn-220 și descendenții lui – 5,43%

EDE total a constituit 2,594 mSv/an (Tabelul 3.8, Figura 3.19).

Tabelul 3.8. EDE mediu *per capita* în Republica Moldova, asociat iradierii naturale a. 2011 – 2016, mSv/an

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: 40K, 238U și 232Th	0,268	-	10,33
4	Surse de iradiere prin inhalare 222Rn + descendenți	1,457	-	56,17
5	Surse de iradiere prin inhalare 220Rn+descendenți	0,141	-	5,43
7	Total	2,594	100%	

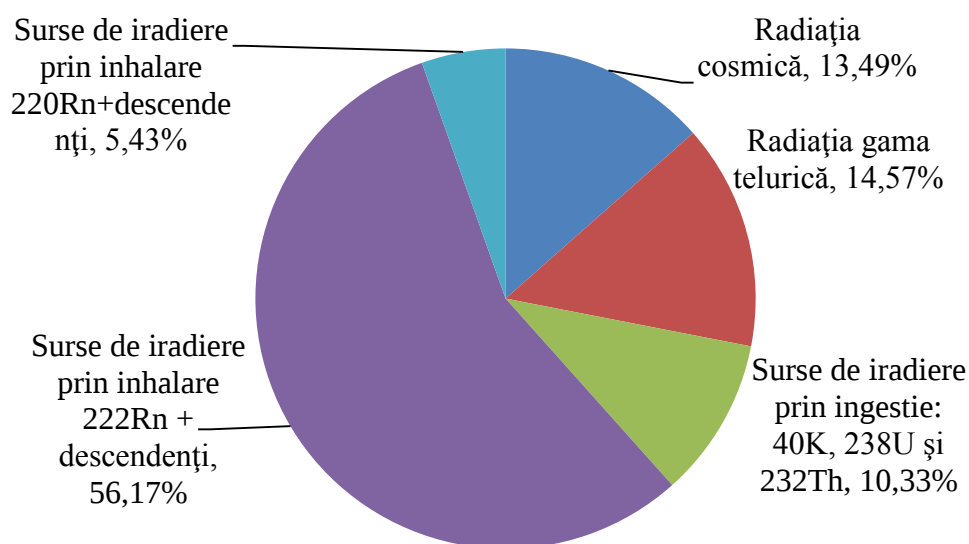


Fig. 3.19. Ponderea EDE mediu anual *per capita*, asociat iradierii naturale, a. 2011 – 2016.

Doza colectivă anuală, asociată iradierii de la sursele naturale în Republica Moldova constituie 9222,08 omSv/an, iar riscul asociat iradierii naturale în Republica Moldova în dezvoltarea bolilor oncologice a constituit 9-11 % din totalul neoplaziilor pulmonare sau estimativ 450 decese prin cancer (Tabelul 3.9).

Tabelul 3.9. 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: 40K, 238U și 232Th	952,782	-	45
4	Surse de iradiere prin inhalare: 222Rn + descendenți	5179,866	-	255
5	Surse de iradiere prin inhalare: 220Rn+descendenți	501,277	-	25
7	Total	9222,08		450

Evaluarea riscului pentru sănătatea publicului, cauzat de expunerea la radon și descendenții lui a stabilit că doza efectivă anuală a expunerii la radon (H), pentru perioada 2011-2015 a constituit 6,6 mSv/y, inclusiv pentru 2011 – 4,8 mS/y; 2012 – 7,6 mS/y; 2013 – 6,4 mS/y; 2014 – 6,9 mS/y; 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 2011-2015). Riscului declanșării cazurilor de cancer bronhopulmonar la 1 mil. populație pentru, perioada inclusă în studiu, a constituit 118,8 cazuri /1 milion populație.

3.5. Concluzii la Capitolul 3

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 efectuat în a. 2011 – 2015, au remarcat o activitate a concentrației medie a principalilor radionuclizi naturali diversă 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.

Concentrația radonului și toronului în sol a variat în funcție de tipul acestuia. Rezultatele denotă înregistrarea valorilor înalte ale concentrațiilor de radon în sol, care depășesc CMA, conform normativului național (200 Bq/m^{-3}) atât pentru solurile de tip gresie, utilizate pentru producerea pietrei brute și pietrei de fățuire 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.

Studiul radioactivității radonului în apele subterane și de suprafață a demonstrat 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 2,0 Bq/m³. S-a stabilit că concentrațiile de ²²²Rn în apele cercetate nu au depășit valorile admisibile conform normelor naționale și ale Directivei 2013/59/Euratom.

Rezultatele, obținute în urma efectuării măsurătorilor radioactivității radonului (²²²Rn) și a descendenților săi de viață scurtă (poloniu, thoriu), în aerul interior al edificiilor locative din Moldova, au evidențiat zonele cu concentrații sporite de ²²²Rn și nivelurile naționale de referință.

În baza analizelor clusteriane, cu evidențierea distanțelor euclidiene și de linkage, s-a elucidat că concentrația ²²²Rn în aerul interior, în special al edificiilor locative, unde omul își petrece circa 60% din timp, este detașat în strânsă dependență cu factorii exogeni (temperatura solului/umiditatea aerului), tipul materialelor de construcție, tipul solului/rocilor adiacente construcțiilor, fundamentul etanșat și ventilarea încăperilor.

Doza colectivă anuală, asociată iradierii de la sursele naturale în Republica Moldova a constituit 9-11% din totalul neoplaziilor pulmonare sau estimativ 450 decese cauzate de cancer.

4. STUDIAREA ÎN DINAMICĂ A INCIDENȚEI MORBIDITĂȚII CAUZATE DE DIFERITE TIPURI DE CANCER ÎN RÎNDUL POPULAȚIEI DIN REPUBLICA MOLDOVA, ÎN RELAȚIE CU FACTORII DE RISC, ASOCIAȚI RADIĂȚIILOR 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-ului. În multe cazuri, modificările vor putea fi remediate de organism, dar există posibilitatea ca, ulterior acestea să ducă la apariția cancerului [174].

Radionuclizii odată ajunși în sânge, trec în țesuturi, unde o parte este fixată (între 30 și 70 la sută), 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 [33].

Radiațiile ionizante intervin în producerea a circa 3 % din cancerele umane. Efectele carcinogenice ale radiațiilor ionizante au fost descoperite în urma studiilor asupra persoanelor supuse expunerii ocupaționale, în scop diagnostic sau terapeutic la radiații, precum și la

supraviețuitorii bombardamentelor atomice de la Hiroshima și Nagasaki din 1945. Bombardamentele de la Hiroshima și Nagasaki au demonstrat că radiațiile ionizante reprezintă „carcinogeni universali” inducând cancere în majoritatea țesuturilor. În urma accidentului nuclear de la Cernobîl s-a observat creșterea incidenței leucemiei și a cancerului tiroidian. Efectul cancerigen al radiațiilor ionizante este corelat cu tipul radiației, doza absorbită (cumulativă) și fracționarea. Depinde, de asemenea, de organismul iradiat: vârsta, sexul, factorii genetici etc [175].

Experiența actuală privind cancerele cauzate de radiații este concretizată în următoarele dovezi: cancerele de piele ce survin la muncitorii care lucrează cu radiații X, cu acceleratoare de particule; cancerele pulmonare documentate la muncitorii din minele de uraniu; tumorile osoase dezvoltate la lucrătorii cu vopsele fluorescente pentru indicatoare luminoase, ceasuri; incidența crescută a cancerelor hepatice la cei la care s-au utilizat în exces explorările radiologice, substanțele de contrast ce conțin thoriu care este un emițător de particule α ; supraviețuitorii bombardamentelor nucleare de la Hiroshima și Nagasaki, care reprezintă cel mai important grup de observație în care sunt preponderente leucemia și mai multe tipuri de tumori solide; incidența relativ crescută a leucemiilor la cei suferinzi de spondilită ankilopoetică, ce au fost tratați prin radioterapie pentru combaterea durerii pe întreaga coloană vertebrală; cancerul tiroidian raportat la copii iradiați pentru hipertrofie sau supuși radioterapiei pentru micoze ale scalpului; incidența crescută a cancerelor mamare la femeile, ce au primit tratamente radioterapice pentru mastita postpartum și la cele cu tuberculoză care au efectuat examene fluoroscopice repetate pentru urmărirea evoluției pneumotoraxului artificial terapeutic [198].

Utilizarea cobaltului-60 pentru carcinoamele de col uterin este asociată cu dezvoltarea leucemiei și cancerelor gastrice, rect, vezica urinară, vagin, cavitatea bucală, nazofaringe și plămân. Tipul de neoplasm apărut la indivizii expuși radiațiilor ionizante depinde de doza de iradiere, vârsta în momentul expunerii și sexul persoanei. Astfel, la 25-30 de ani după iradierea totală a trunchiului, se observă o creștere a incidenței cancerelor de sân, tiroidă, plămân, stomac, glande salivare, tract gastrointestinal și limfoame. Caracteristica cancerelor radioinduse este perioada de latență lungă de la câteva luni la câțiva ani, între expunerea la radiații și apariția cancerului. Perioada dintre iradiere și apariția cancerului depinde de mărimea suprafeței iradiate. Tumorile solide și leucemiile asociate cu iradierea prenatală devin evidente în primii 2-3 ani după naștere. Perioada de latență postiradiere în cazul unei expuneri postnatale este de 5-10 ani pentru leucemii și de peste 20 de ani pentru tumorile solide. Creșterea incidenței leucemiilor și tumorilor solide este mai evidentă după iradierea prenatală, decât în cazul celei postnatale. Datele actuale sugerează că riscul descrește odată cu creșterea vârstei în momentul iradierii.[198]

Studiile recente demonstrează acțiunea nocivă pentru sănătate a expunerii la radon, inclusiv prin dezvoltarea maladiilor oncologice [197, 176, 177, 178].

Scopul cercetărilor în cauză au constat în studierea în dinamică a incidenței morbidității prin diferite tipuri de cancer la populația Republicii Moldova, în funcție de zonă geografică, în relație cu factorii de risc, asociați radiațiilor ionizante.

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. Datele din Figura 4.1 și **Anexa 6** relatează situația din Republica Moldova, în ceea ce privește incidența diverselor tipuri de cancer în perioada anilor 2013-2015.

Datele statistice demonstrează că cele mai frecvente tipuri de cancer în perioada inclusă în studiu au fost: cancerul bronhopulmonar, cancerul glandei mamare, cancerul de colon, cancerul rectului, după care urmează cancerul sângelui (hemoblastoze), cancerul stomacal, cel al glandei tiroide, al ficatului, al colului uterin, al uterului și al ovarului (Figura 4.1).

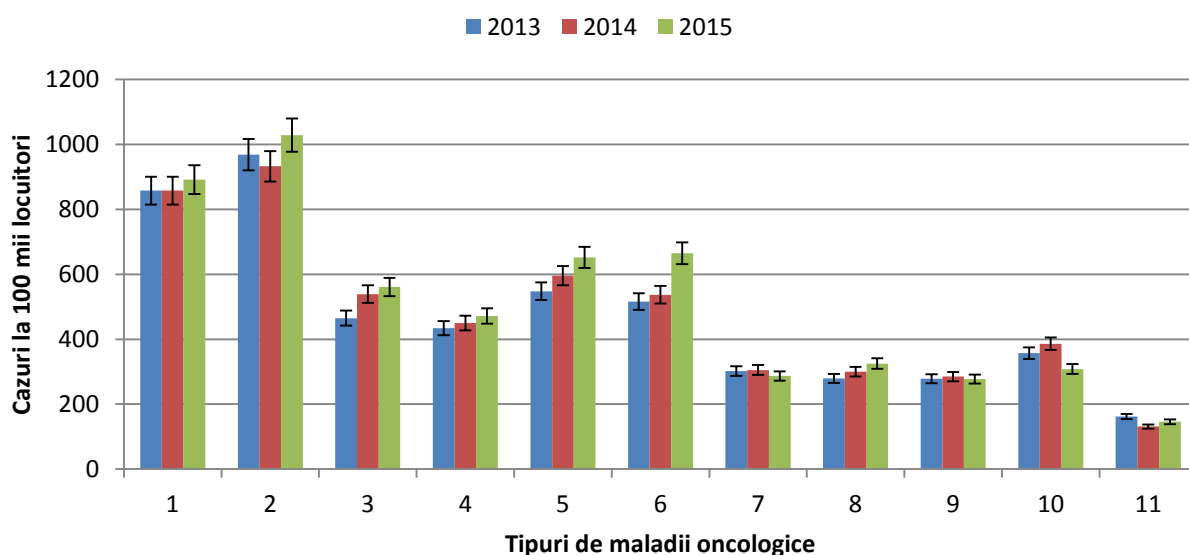


Fig. 4.1. Structura morbidității cauzate de maladii oncologice în perioada a. 2013-2015 în Republica Moldova.

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 maladiilor oncologice. Astfel, în a. 2014 acest indicator pentru țară a constituit 1371,2 cazuri la 100000 locuitori, în comparație cu a. 2010 – 1229,6 cazuri (Figura 4.2).

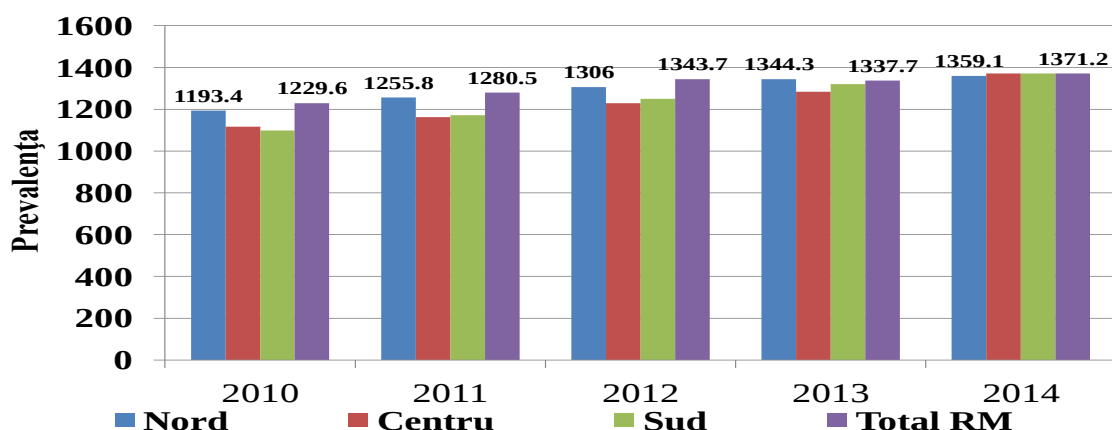


Fig. 4.2. Morbiditya populației Republicii Moldova cauzată de tumori maligne, conform Zonelor: Nord, Centru și Sud, a. 2010 – 2014 (Sursa: MS, CNMS, BNS).

De menționat că pe parcursul cercetării, s-au observat deosebiri în structura morbidității cauzate de maladii oncologice între Zonele principale ale Republicii Moldova, dar și în funcție de an. Interacțiunea *Maladie oncologică x Zonă x An* este un proces complicat, cu atât mai mult că asupra acestor interacțiuni mai influențează și alți factori nocivi biotici și abiotici. Numai prin utilizarea unor programe computerizate sofisticate este posibilă delimitarea aportului fiecărui factor nociv asupra dezvoltării maladiilor oncologice. Factorul adresabilității, de asemenea, influențează asupra rezultatelor obținute (Figura 4.3).

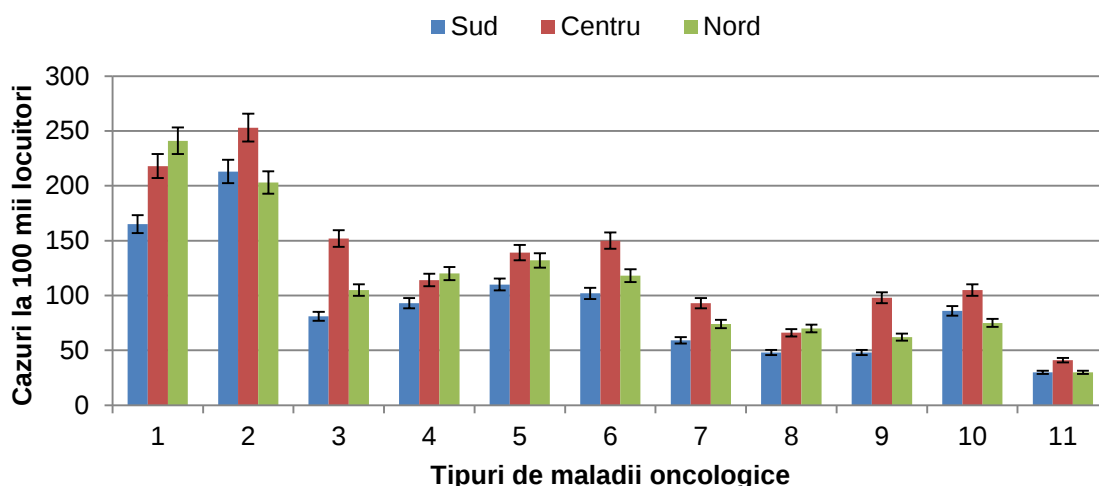


Fig. 4.3. Structura morbidității prin maladii oncologice în perioada anului 2013 în principale Zone ale Republicii Moldova.

1 – cancerul bronhopulmonar, 2 – cancerul glandei mamară, 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.

Cercetările au demonstrat că în a. 2013 incidența cancerului bronhopulmonar în perioada de studiu era mai mare în Zona de Nord a republicii. Incidența cancerului glandei mamare, cancerului rectului, cancerului colonului, hemoblastozelor, cancerului colului uterin, cancerului ficatului și cancerului glandei tiroide în perioada de studiu era detașat mai sporită în Zona de Centru a republicii. Pentru Zona de Sud toate tipurile de cancer aveau incidență mai joasă, în comparație cu Zonele de Nord și Centru, dar pentru cancerul ovarian diferența incidenței între zone nu era veridică (Figura 4.3).

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 4.4, Figura 4.5).

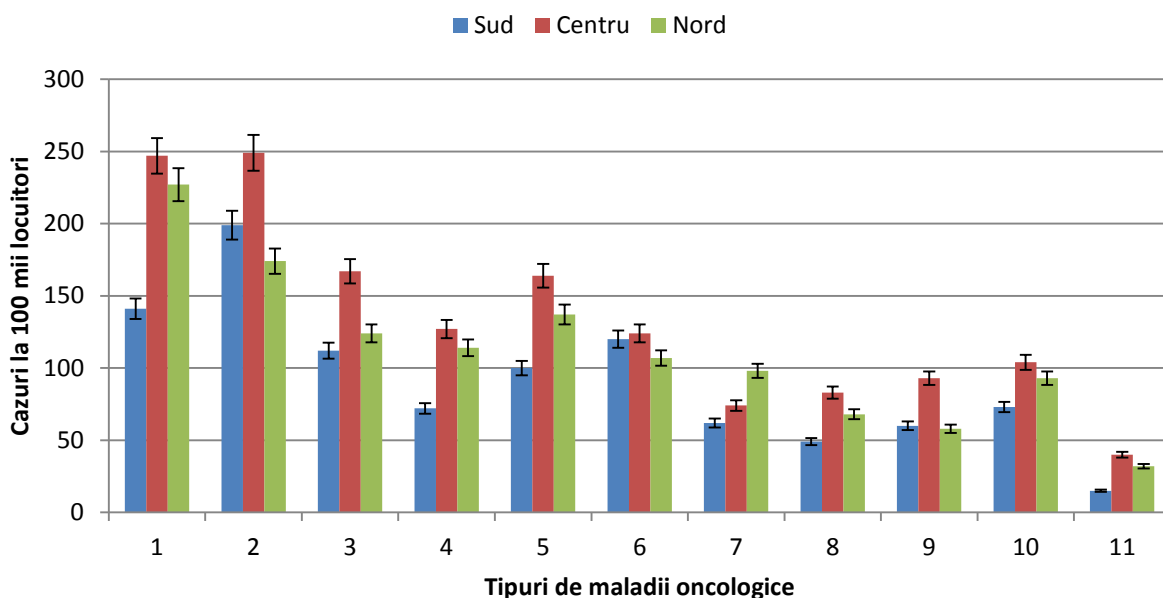


Fig. 4.4. Structura morbidității cauzate de maladii oncologice în perioada a. 2014 în principalele zone ale Republicii Moldova.

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.

Diferența incidenței tipurilor de cancer era detașat semnificativă și între raioanele Republicii Moldova. De asemenea, acest indicator a variat și în funcție de an. Astfel, în anii 2013-2014 cancerul bronhopulmonar era mai răspândit în r. Orhei, depistându-se respectiv câte 36 și 35 de cazuri, iar în a. 2015 – în r. Anenii Noi cu incidența a 31 de cazuri (valoarea maximală).

În a. 2013-2014 incidența cancerului glandei mamare era detașat mai mare în r. Cahul, respectiv câte 42 și 41 cazuri, iar în 2015 – în Strășeni, 41 cazuri.

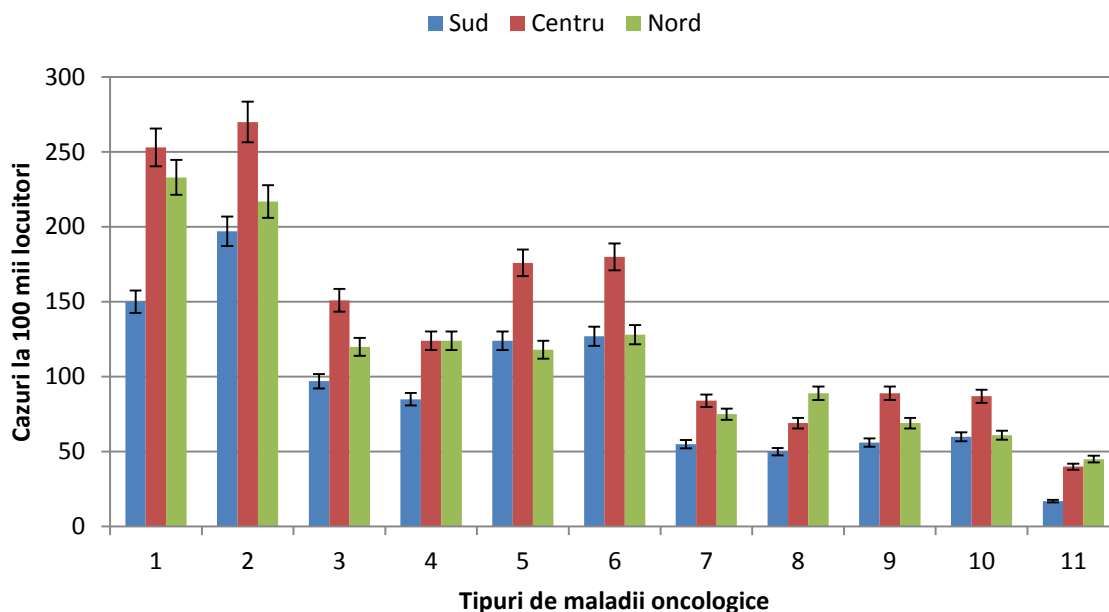


Fig. 4.5. Structura morbidității prin maladii oncologice în perioada anului 2015 în principalele zone ale Republicii Moldova.

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.

Pentru cancerul rectului s-a observat că în r. Orhei incidența acestei maladii a constituit respectiv câte 23 de cazuri, iar în a. 2015 în Cahul și Căușeni au fost depistate câte 20 de cazuri.

Incidența cancerului stomacal era detașat mai mare în a. 2014 în r. Ungheni – 28 de cazuri, fiind urmat de r. Florești cu 21 cazuri în a. 2015 și 19 cazuri în a. 2013.

Totodată, pentru cancerul colonului ierarhia incidenței acestei maladii a fost următoarea: r. Florești și Ceadâr-Lunga câte 24 cazuri în a. 2014, r. Orhei – 23 cazuri în a. 2013 și r. Căușeni – 21 cazuri în a. 2015.

Hemoblastozele au prevalat în a. 2014 și 2015 în r. Hâncești – câte 20 și 25 cazuri respectiv și Ungheni în a. 2013 – 19 cazuri.

Pentru colul uterin în a. 2015 s-au depistat 18 cazuri de acest tip de maladie în r. Cahul, iar în a. 2013 și 2014 – câte 12 și 16 cazuri respectiv în r. Ialoveni și r. Edineț.

Numărul maximal de cancer al glandei tiroide (17) depistat în r. Soroca în a. 2014, denotă faptul influenței consecințelor accidentului nuclear de la Cernobîl, deoarece se știe că consecințele catastrofei în cauză s-au resimțit mai accentuat anume în Nordul țării prin creșterea fondului radioactiv.

De menționat faptul că în perioada de studiu, a. 2015, numărul de cazuri de cancer al ficatului, cancer al uterului și cancer ovarian a constituit „0”, respectiv, în r. Vulcănești, Dubăsari, Cantemir, Ceadâr-Lunga și Basarabeasca.

4.2. Incidența cancerului bronhopulmonar în Republica Moldova în perioada a. 2013-2015

La ora actuală atât în Republica Moldova, cât și în alte țări se observă o răspândire sporită a cancerului bronhopulmonar. Cauza principală a declanșării cancerului bronhopulmonar, după cum denotă sursa globocan.iarc.fr, ar fi tutunul, care se estimează a fi responsabil pentru 85% din toate cazurile de acest tip de cancer [179].

A doua cauză în dezvoltarea cancerului bronhopulmonar ar fi expunerea la radonul rezidențial – un gaz ce se elimină 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. [180].

Pentru Republica Moldova, în anul 2014 un număr de 403 de decese cauzate de cancer pulmonar pot fi atribuite radonului. Analizarea rezultatelor obținute demonstrează, că 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 sunt raioanele Drochia, Orhei, Soroca și Anenii Noi ([Figura 4.6](#)).

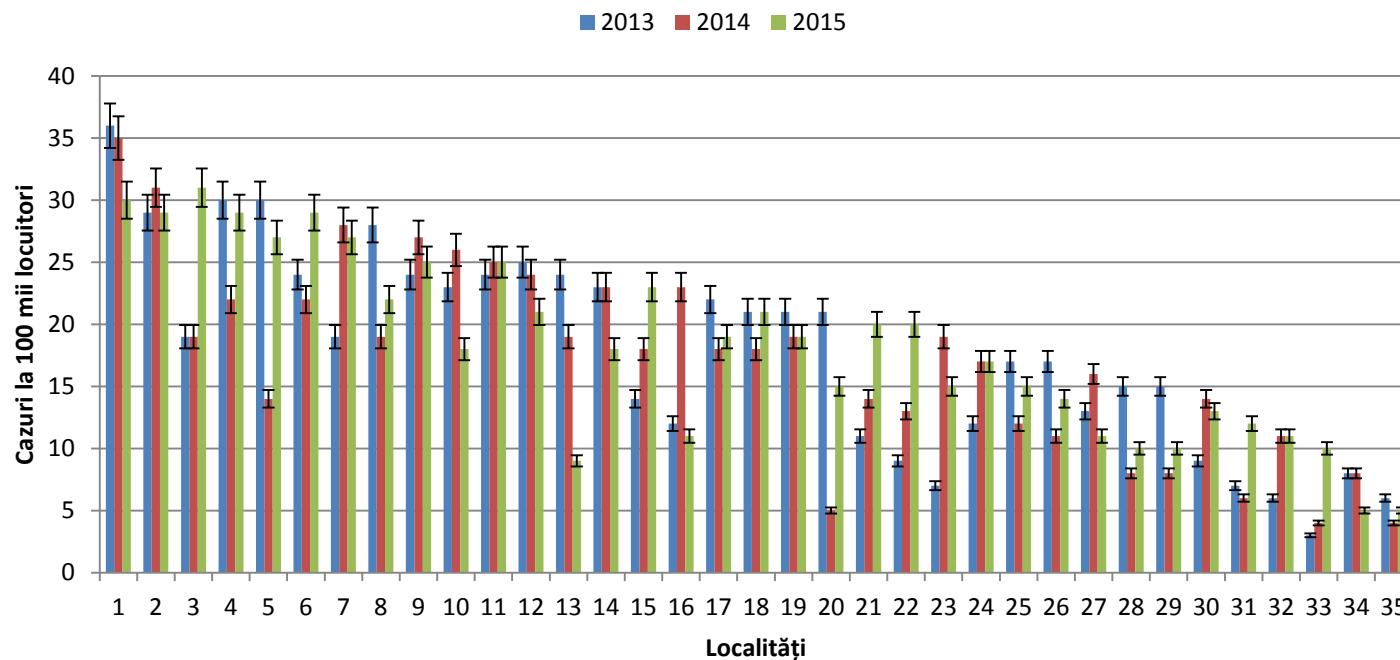


Fig. 4.6. Incidența cancerului bronhopulmonar în perioada a. 2013-2015 pe teritoriul Republicii Moldova.

1 – Orhei, 2 – Soroca, 3 – Anenii Noi, 4 – Drochia, 5 – Briceni, 6 – Fălești, 7 – Strășeni, 8 – Cahul, 9 – Râșcani, 10 – Florești, 11 – Ungheni, 12 – Hîncești, 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.

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 4.7).

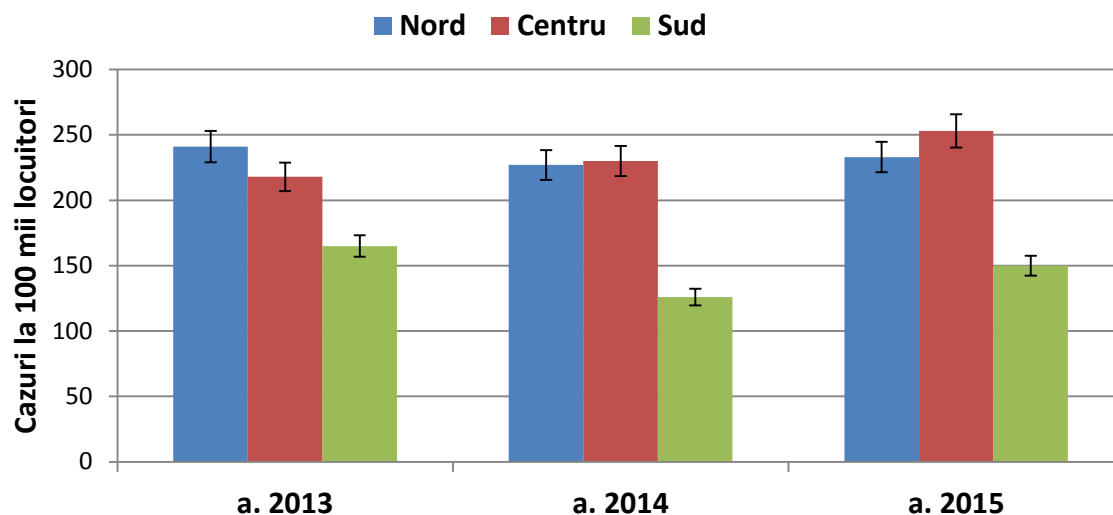


Fig. 4.7. Incidența cancerului bronhopulmonar în perioada a. 2013-2015 în principale zone ale Republicii Moldova.

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 de 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.

În Tabelul 4.1 este prezentată prevalența morbidității cauzată de cancer bronhopulmonar în Republica Moldova, a. 2013-2015.

Tabelul 4.1. Prevalența cancerului bronhopulmonar în Republica Moldova,
a. 2013-2015 (cazuri la 100 mii locuitori)

Localitatea (raionul)	2013	2014	2015
Briceni	24	17	24
Dondușeni	44	38	41
Drochia	77	81	78
Edineț	40	37	0
Fălești	42	38	45
Florești	45	45	48
Glodeni	53	40	28
Ocnîța	15	17	25
Rîșcani	33	36	43
Sîngerei	32	32	32
Soroca	52	45	38
Anenii Noi	36	42	53
Călărași	19	20	23
Criuleni	66	69	61
Dubăsari	38	44	48
Hîncești	38	36	30
Ialoveni	44	48	39
Nisporeni	18	20	20
Orhei	104	76	73
Rezina	21	23	19
Strășeni	44	44	45
Șoldănești	20	21	19
Telenești	15	23	35
Ungheni	75	75	81
Basarabeasca	6	5	5
Cahul	87	72	85
Cantemir	39	39	36

O diferențiere esențială s-a observat și în incidențele altor tipuri de cancer, în funcție de an și regiune (Anexa 6, Figurile A.6.1-A.6.7).

Cancerul glandei mamare la femei este a doua cauză de deces în întreaga lume, iar în Republica Moldova ocupă primele locuri în ierarhia incidenței prin tumori maligne. În ultimii 10 ani incidența cancerului glandei mamare a fost în creștere, nu numai în țara noastră, ci și în alte țări, inclusiv cele dezvoltate economic. Despre cauzele, care contribuie la creșterea incidenței cancerului glandei mamare în literatura de specialitate mondială se discută mereu. Printre factorii principali de risc sunt considerați: vârsta, stilul de viață (consumul de alcool, dieta și activitatea fizică), obezitatea, nașterea, ereditatea și expunerea la factorul **radiologic** [181].

Concomitent, printre factorii de risc prioritari în dezvoltarea cancerului glandei mamare, în ultimul timp, sunt considerați și factorii ecologici, inclusiv consecințele catastrofei nucleare de la Cernobîl, care, probabil, s-au manifestat prin acțiunea dozelor mici de radiație asupra

țesutului mamar, indirect contribuind și la dezvoltarea hipofuncției glandei tiroide. Totodată, rolul hipotiroidiei în dezvoltarea cancerului glandei mamare devine tot mai evident. Hipofuncția glandei tiroide, contribuind la dezvoltarea hiper estrogenemiei cumulative, determină starea statutului imun [173, 182].

Analizarea incidenței cancerului glandei mamare în Republica Moldova în perioada a.2013-2015 a demonstrat o sporire pentru raioanele Cahul, Strășeni, Drochia, Ungheni și Orhei. Astfel, în localitățile nominalizate indicatorul a constituit, respectiv: $38,67 \pm 4,93$; $30,0 \pm 9,54$; $24,33 \pm 14,29$; $31,33 \pm 2,52$ și $30,0 \pm 3,0$. Printre localitățile cu valori diminuate ale indicatorului s-au evidențiat: Taraclia, Nisporeni, Briceni, Basarabeasca, Glodeni, Rezina, Vulcănești și Dubăsari cu valorile respective: $12,0 \pm 3,61$; $12,0 \pm 3,46$; $13,0 \pm 1,0$; $10,67 \pm 2,89$; $12,0 \pm 1,73$; $10,33 \pm 1,53$; $9,33 \pm 3,06$ și $6,67 \pm 4,16$. Totodată, s-a observat că variabilitatea indicatorului era diferită și varia în funcție de raion. Variabilitate sporită a indicatorului se atestă pentru raioanele Drochia, Strășeni, Ștefan-Vodă și Soroca, ceea ce indică despre aportul diferit al anului în dezvoltarea maladiei (Tabelul 4.2).

Unii autori consideră că radiațiile ionizante au o influență majoră asupra dezvoltării maladiilor oncologice, inclusiv a hemoblastozelor. Se constată o sporire a incidenței hemoblastozelor la copii în perioada de 10 ani postchernobîl în Republica Moldova. [183]

Studiul nostru referitor la incidența hemoblastozelor în Republica Moldova în perioada a.2013-2015 a relevat incidență sporită a maladiei pentru raioanele Căușeni, Hâncești, Orhei, Strășeni și Ungheni. Valorile medii cu eroare a 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 raioanele 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 pentru valorile indicatorului în r. Orhei, constituind 14,3 (Figura 4.8).

Tabelul 4.2. Incidența cancerului glandei mamare în perioada
a. 2013-2015 pe teritoriul Republicii Moldova

Teritoriul administrativ	$\bar{x} \pm m\bar{x}$	$\hat{\sigma}$
Cahul	38,67 $\pm$ 4,93	24,33
Strășeni	30,00 $\pm$ 9,54	91,00
Drochia	24,33 $\pm$ 14,29	204,33
Ungheni	31,33 $\pm$ 2,52	6,33
Orhei	30,00 $\pm$ 3,00	9,00
Ștefan-Vodă	21,33 $\pm$ 9,02	81,33
Soroca	21,67 $\pm$ 8,08	65,33
Căușeni	27,67 $\pm$ 0,58	0,33
Ialoveni	25,33 $\pm$ 2,08	4,33
Hâncești	25,00 $\pm$ 1,73	3,00
Sângerei	24,00 $\pm$ 3,00	9,00
Edineț	21,33 $\pm$ 3,51	12,33
Fălești	19,33 $\pm$ 6,03	36,33
Comrat	21,33 $\pm$ 2,31	5,33
Călărași	20,33 $\pm$ 2,31	5,33
Florești	18,33 $\pm$ 4,04	16,33
Râșcani	17,33 $\pm$ 5,51	30,33
Criuleni	19,67 $\pm$ 1,15	1,33
Telenești	18,67 $\pm$ 1,53	2,33
Cantemir	16,67 $\pm$ 1,53	2,33
Anenii Noi	16,00 $\pm$ 2,65	7,00
Ocnîța	14,33 $\pm$ 3,51	12,33
Dondușeni	12,33 $\pm$ 5,51	30,33
Ceadâr-Lunga	15,33 $\pm$ 1,53	2,33
Leova	15,00 $\pm$ 2,00	4,00
Șoldănești	12,00 $\pm$ 4,36	19,00
Cimișlia	15,00 $\pm$ 1,00	1,00
Taraclia	12,00 $\pm$ 3,61	13,00
Nisporeni	12,00 $\pm$ 3,46	12,00
Briceni	13,00 $\pm$ 1,00	1,00
Basarabeasca	10,67 $\pm$ 2,89	8,33
Glodeni	12,00 $\pm$ 1,73	3,00
Rezina	10,33 $\pm$ 1,53	2,33
Vulcănești	9,33 $\pm$ 3,06	9,33
Dubăsari	6,67 $\pm$ 4,16	17,33

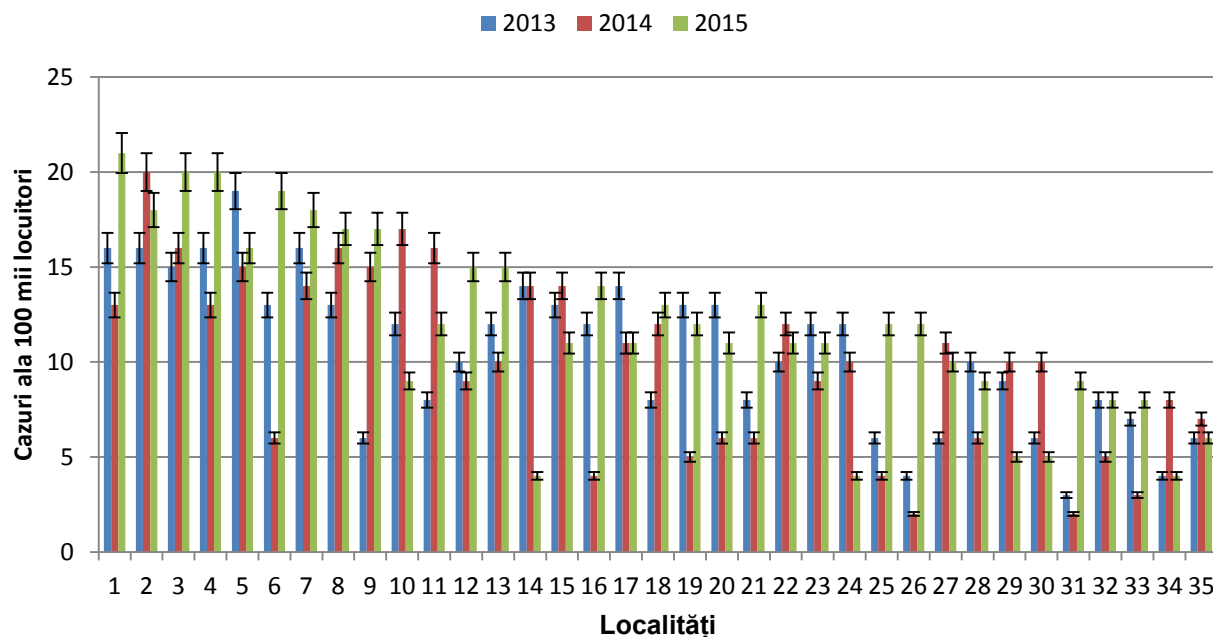


Fig. 4.8. Incidența cancerului hemoblastozei în perioada a. 2013-2015 pe teritoriul Republicii Moldova.

1 – Căușeni, 2 – Hâncești, 3 – Orhei, 4 – Strășeni, 5 – Ungheni, 6 – Fălești, 7 – Ialoveni, 8 – Cahul, 9 – Ceadâr-Lunga, 10 – Soroca, 11 – Edineț, 12 – Criuleni, 13 – Ștefan-Vodă, 14 – Comrat, 15 – Sângerei, 16 – Briceni, 17 – Călărași, 18 – Florești, 19 – Anenii Noi, 20 – Drochia, 21 – Ocnița, 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.

Circa 1800 de cazuri de cancer al glandei tiroide au fost înregistrate la începutul anului 2000 printre persoanele care aveau sub 18 ani la momentul accidentului nuclear de la Cernobîl (ANC) [184]. Principalul responsabil pentru accidentele de iradiere în primele săptămâni, iar în anii care au urmat, de numeroasele cazuri de cancer tiroidian, a fost ^{131}I (perioada de semidezintegrare constituie 7,5 zile). Ingestia imediată de iodură stabilă saturează glanda tiroidă, blocând astfel fixarea ^{131}I radioactiv pe această glandă. La un număr de cel puțin 1800 de copii și adolescenți din zonele cele mai grav afectate din Belarus s-a depistat cancer al tiroidei din cauza ANC. Conform rapoartelor UNDP, UNICEF (2002), pronosticurile prevăd că numărul cazurilor de cancer tiroidian în rândul persoanelor, care erau copii sau adolescenți la data producerii accidentului va ajunge la 8000 în deceniile următoare [185].

Estimările publicate de către OMS ajung până la 50000 de cazuri. Profesorul Edmund Lengfelder, de la Otto Hug Strahlen Institut din Mÿnchen, specialist în medicina bolilor cauzate de către radiații ionizante și expert în studiul ANC, conducătorul Centrului bolilor tiroidiene din Belarus avertizează asupra celor până la 100000 de cazuri adiționale de cancer tiroidian apărute în toate grupele de vârstă [178].

Evaluarea acțiunii consecințelor genetice ale influenței factorilor radioactivi și a celor chimici asupra sănătății populației Republicii Moldova a permis depistarea a 8509 cazuri de malformații congenitale la copiii nou-născuți în perioada 1989-1996. În calitate de indicatori ai procesului de mutageneză și de teratogeneză au fost folosite 11 „forme-model”, conform Registrului Internațional de malformații congenitale. O frecvență sporită a numărului tuturor anomaliilor, inclusiv a sindromului Daun, a defectelor membrelor și a herniei embrionare, a fost constatată la populația din zona de sud a Republicii Moldova. În această zonă nivelul fondului radiației gama a fost mai mic, însă s-a depistat o cantitate mai sporită de pesticide, folosite în agricultură, în comparație cu zona de nord. Frecvența depistării dereglărilor sistemului nervos a fost identică atât în partea de nord, cât și în partea de sud a Republicii Moldova, în zona de Nord fiind predominant depistate encefalopatiile [186].

În baza analizării detaliate a rezultatelor investigațiilor sus-numite, putem conchide că rolul primordial în procesele de declanșare a mutagenzei și a teratogenezei în condițiile Republicii Moldova îl au factorii chimici de poluare a mediului ambiant. Concomitent, atât acțiunea dozelor mici de iradiere ionizantă, survenite în urma ANC, cât și efectul combinat al dozelor mici de iradiere ionizante și al factorilor chimici de poluare ale mediului înconjurător nu pot fi excluse din factorii de acțiune asupra etiopatogenezei defectelor sistemului nervos. Pentru o evaluare exactă a influenței dozelor mici de radiație ionizantă asupra populației Republicii Moldova, a fost necesară efectuarea unui studiu mai profund al efectelor medico-biologice tardive la participanții la diminuarea consecințelor ANC [187].

Analizarea rezultatelor incidenței cancerului glandei tiroide în perioada a.a. 2013-2015 denotă o sporire în zonele principale ale Republicii Moldova, cele mai afectate fiind raioanele Cahul, Ungheni și Soroca, iar cele mai puțin afectate r. Vulcănești și r. Basarabeasca (Figura 4.9).

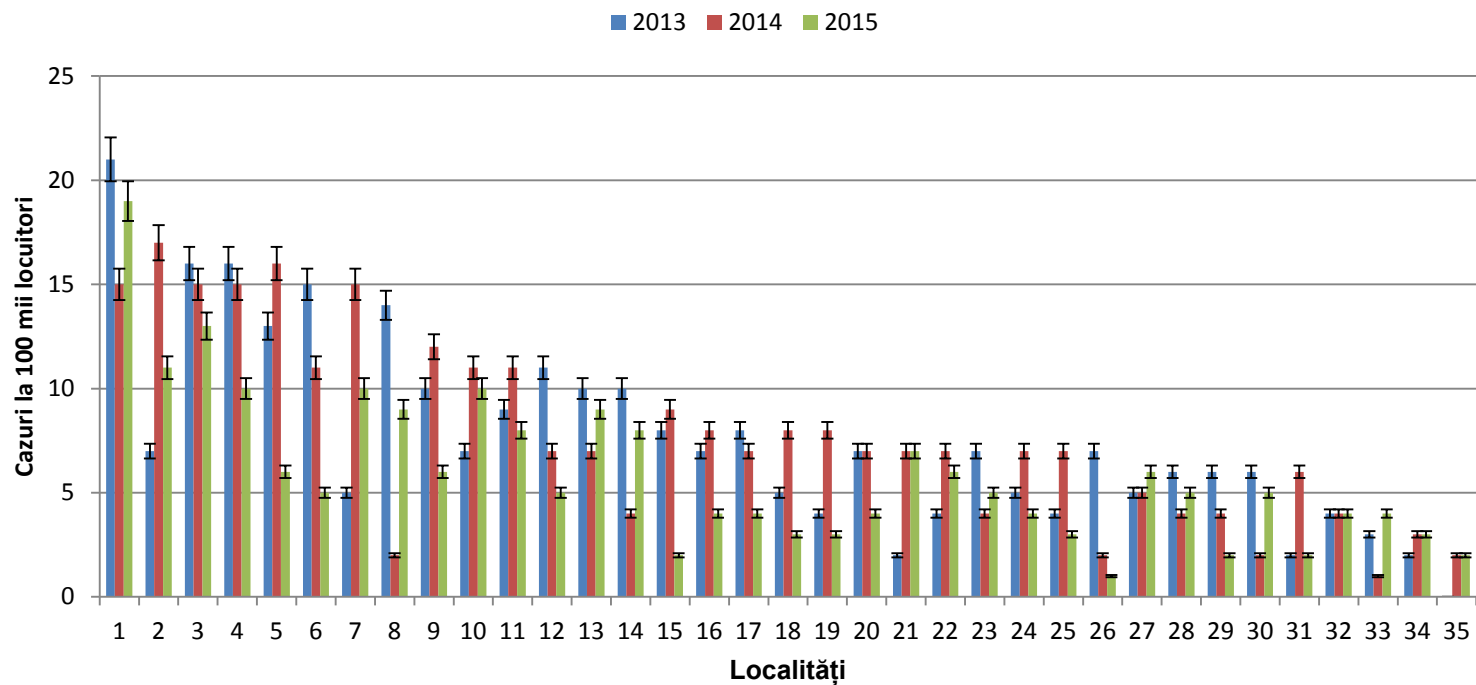


Fig. 4.9. Incidența cancerului glandei tiroide în perioada a. 2013-2015
pe teritoriul Republicii Moldova.

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

În scopul depistării influenței radioactivității radonului asupra declanșării maladiilor oncologice: cancerul bronhopulmonar, hemoblastozele, 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 4.10).

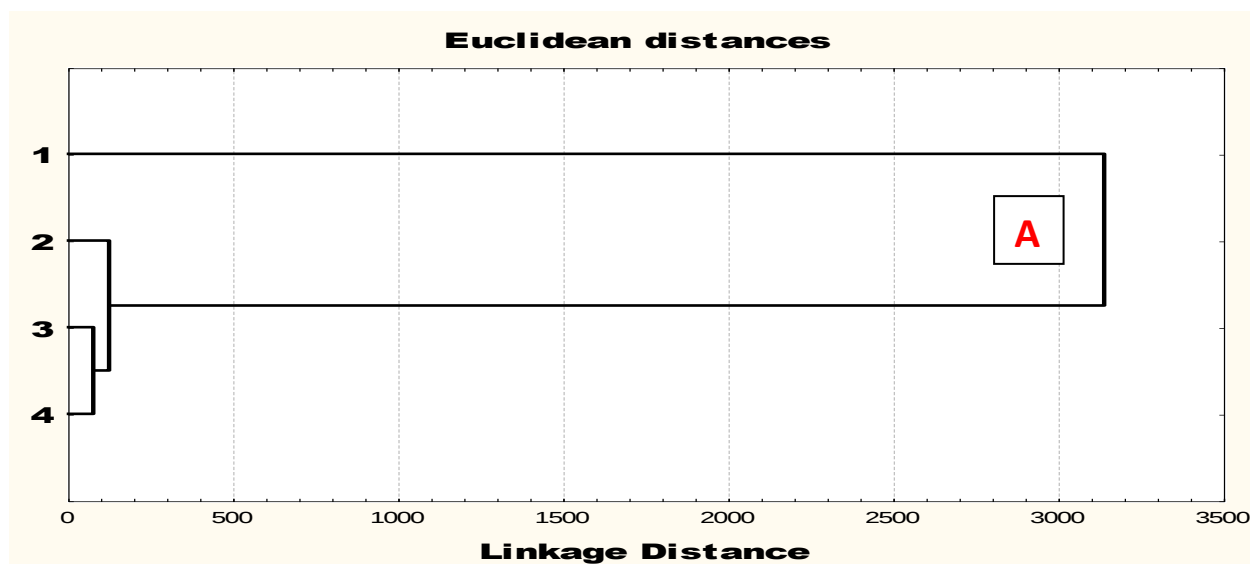


Fig. 4.10. Analiza clusteriană a interacțiunii *Radon x maladii oncologice*.

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

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. Totodată, s-a observat că nivelul coeficientului de corelație între indicatorii nominalizați a variat în funcție de localitate, evidențiindu-se următoarele valori: Ștefan-Vodă – 0,629, Ungheni – 0,636, Telenești – 0,485, Orhei – 0,665, Soroca – 0,342, Leova – 0,356, Criuleni – 1 și Hâncești – 0,308 (Tabelul 4.3). Rezultatele în cauză au fost confirmate prin analize clusteriene cu evidențierea distanței euclidiene și a linkajului dintre factori.

Tabelul 4.3. Analiza corelațională dintre incidența cancerului bronhopulmonar și concentrațiile de radon în diferite localități ale Republicii Moldova, a. 2011-2014

Localitate	Coeficientul de corelație
Ștefan-Vodă	0,629
Ungheni	0,636
Telenești	0,485
Orhei	0,665
Soroca	0,342
Leova	0,356
Criuleni	1
Hîncești	0,308

În baza rezultatelor obținute au fost elaborate cartografieri ale incidenței unor maladii oncologice (Figura 4.11 și 4.12).

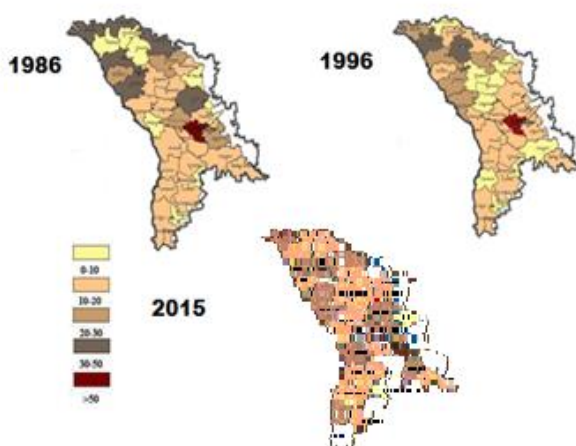


Fig. 4.11. Incidența cancerului pulmonar (număr de cazuri la 100 mii locuitori) în perioada 1986-2015.

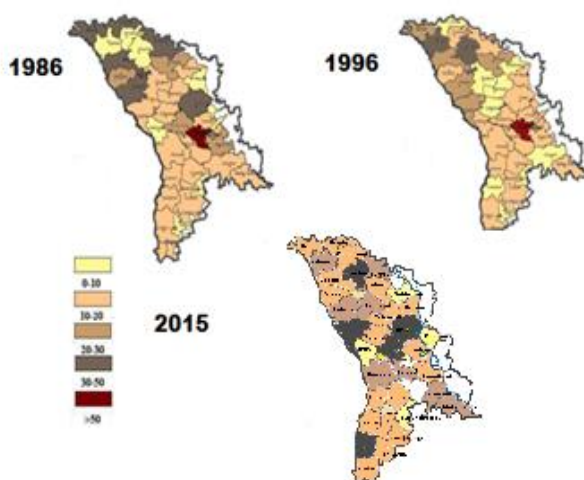


Fig. 4.12. Incidența cancerului glandei mamare (număr de cazuri la 100 mii locuitori) în perioada 1986-2015.

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 $\mu\text{R/h}$ (Figura 4.13).

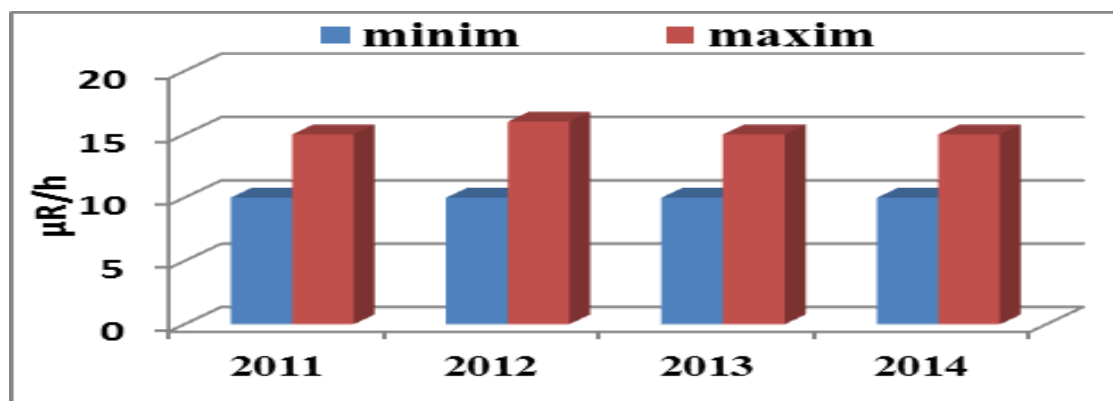


Fig. 4.13. Variația fondului natural *gama* în Republica Moldova, în perioada a. 2011-2014.

S-a stabilit că variația radioactivității fondului *gama*, înregistrată în perioada a.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 4.14, Anexa 7).

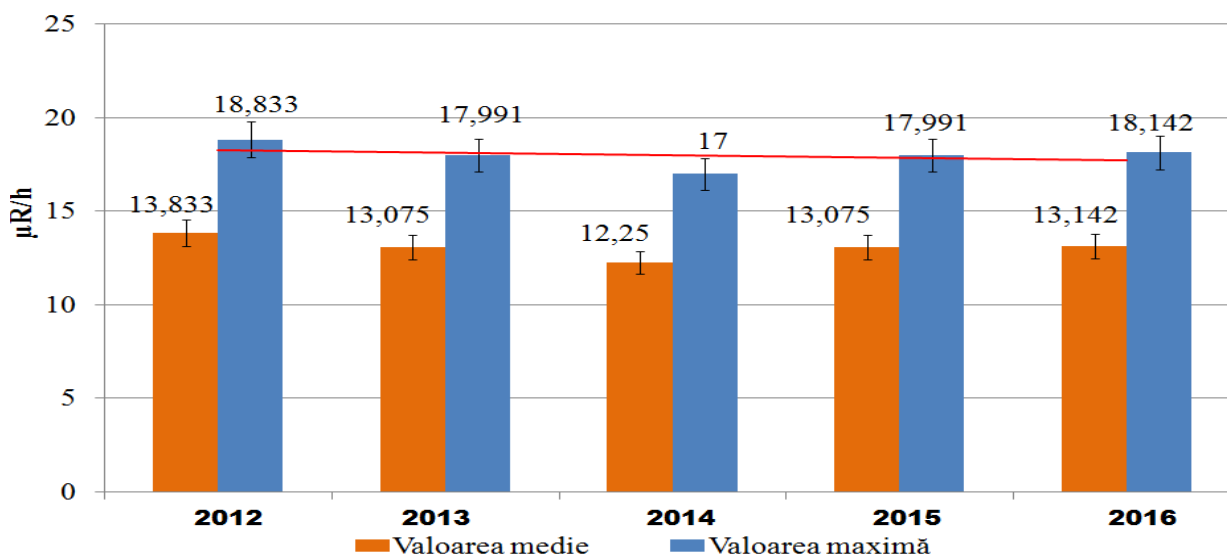


Fig. 4.14. Debitul dozei ambientale a radiației *gama* ($\mu\text{R/h}$) pe teritoriul Republicii Moldova în perioada a. 2012-2016.

Concomitent, rezultatele demonstrează că nu s-a observat diferență semnificativă a debitului dozei de expoziție a radiației *gama* între zonele de Nord, Centru și Sud ale Republicii Moldova (Figura 4.15). 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, respective: 18,8 $\mu\text{R/h}$, 18,1 $\mu\text{R/h}$ și 17,0 $\mu\text{R/h}$.

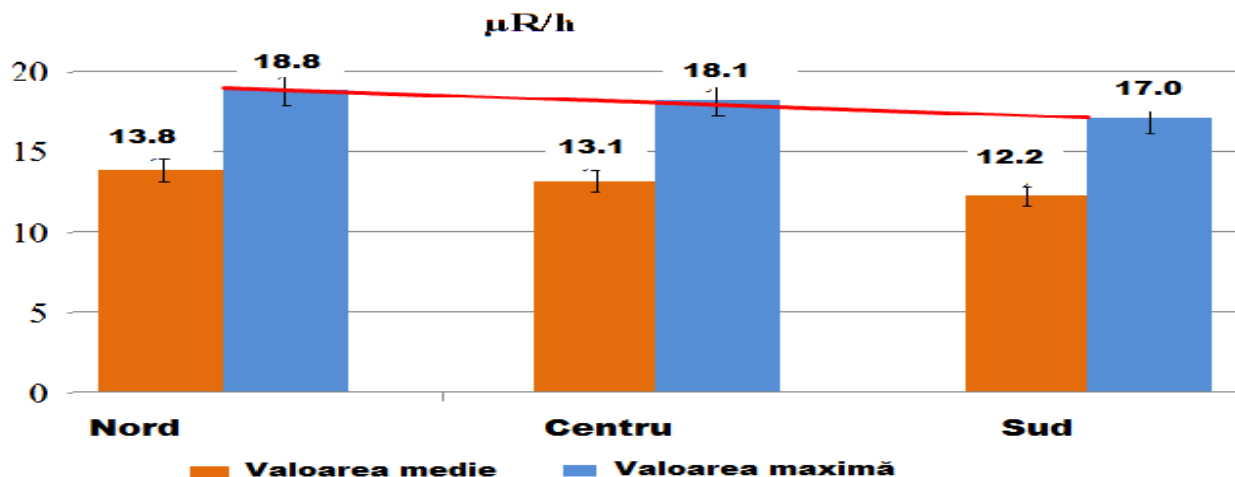


Fig. 4.15. Debitul dozei ambientale a radiației *gama* ($\mu\text{R/h}$) în Zonele de Nord, Centru și Sud ale Republicii Moldova.

Rezultatele din Figura 4.15 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.

4.3. Concluzii la capitolul 4

Analizarea structurii morbidității cauzate de maladii oncologice în perioada a. 2013-2015 în Republica Moldova a elucidat că cancerul bronhopulmonar și cancerul glandei mamare s-au situat pe primele locuri. Această tendință se menține în ultimii 6 ani. Totodată, incidența tipurilor de cancer sus-menționate a fost detașat mai sporită în zona de Nord a țării, iar în ultimii 2 ani și în Zona Centru. Prevalența cancerului bronhopulmonar era sporită în raioanele Orhei și Soroca, în special în a. 2013. Baza de date a fost utilizată la elaborarea cartografierii incidenței unor maladii oncologice pe teritoriul Republicii Moldova.

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 $0,571 \pm 0,01$ – ceea ce demonstrează dependența pozitivă medie între acești indicatori. Rezultatele în cauză au fost confirmate prin analize clusteriene cu evidențierea distanței euclidiene și a linkajului dintre factori.

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 eliminarea impactului radiațiilor ionizante asupra sănătății populației.

2. Cercetarea concentrațiilor radionuclizilor naturali: ^{40}K , ^{232}Th și ^{226}Ra și a activității efective specifice (A_{ef}) în materialele de construcție: piatră spartă, cărămidă, cenușă, zgură, articole din lemn (mobilier), articole tehnico-sanitare, granit, prundiș/nisip, ciment/ghips, articole din metal/deșeuri metalice, articole din materiale plastice, produse chimice (vopsea, lac, adeziv etc) a stabilit că A_{ef} a variat în intervalul 100,6...1500 Bq/kg, astfel depășind normele naționale în unele mostre ($A_{\text{ef}} \leq 300$ Bq/kg). Valorile maxime ale concentrațiilor ^{137}Cs în principalele componente ale mediului ambiant: produse alimentare, materiale de construcție, plante medicinale, apă potabilă, probe biologice și sol necultivat cuprinse, respectiv, în intervalele: 6,5...93,2 Bq/kg; 0,5...88,2 Bq/kg; 47,2...160,4 Bq/kg; 1,5...3,2 Bq/l, 1,5...12,3 Bq/kg și 24,2...29,58 Bq/kg, nu au depășit normele naționale: 360 Bq/kg, 300 Bq/kg, 160 Bq/kg, 8,0 Bq/l, 160 Bq/kg și 160 Bq/kg. Pentru ^{90}Sr valorile concentrațiilor au constituit: 3,3...32,3 Bq/kg; 0,7...6,3 Bq/kg; 6,34...55,0 Bq/kg; 0,7...1,18 Bq/l; 0,6...0,7 Bq/kg și 2,1...22,3 Bq/kg, iar normele naționale prevăd: 200 Bq/kg; 300 Bq/kg; 100 Bq/kg; 8 Bq/l; 100 Bq/kg și 100 Bq/kg. Astfel, rezultatele atestă că radioactivitatea elementelor naturale și artificiale igienic semnificative studiate corespunde cerințelor naționale în vigoare [32, 33, 34].

3. Determinarea concentrației ^{222}Rn în principalele componente ale mediului ambiant (sol, apă) a stabilit unele particularități de răspândire a gazului radioactiv menționat. Concentrația radonului și toronului în sol a variat în funcție de tipul acestuia. La exalarea din solurile adiacente tipului de rocă gresie, valorile radonului și toronului au constituit respectiv, 1756,7 Bq/m³ și 213,0 Bq/m³. Pentru solul argilos indicii au constituit – 1169,0 Bq/m³ și 126,0 Bq/m³, pentru solul nisipos – 284,4 Bq/m³ și 87,6 Bq/m³, iar pentru solul calcaros – 135, 3 Bq/m³ și 46,25 Bq/m³. Astfel, valori sporite ale radonului și toronului au fost detectate în solurile de tip gresie și argilos. Studiul radioactivității radonului în apele subterane și de suprafață a demonstrat că în apele din sondele arteziene concentrația radonului a variat în limitele 1,977-4,072 Bq/L; apele de apeduct – 0,10-8,96 Bq/L; apele de izvor – 4,857-7,729 Bq/L; apele de fântâni – 0,447-11,38 Bq/L, iar apele de suprafață – circa 2,0 Bq/L. Deci, rezultatele cercetărilor denotă că concentrațiile de ^{222}Rn în apele investigate nu au depășit valorile admisibile conform normelor naționale și Directivei 2013/59/Euratom [3, 13, 14, 36, 191].

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: ermetizarea dușumelei încăperilor parterului, ventilația eficientă a spațiului deasupra dușumelei, utilizarea materialelor impermeabile pentru acoperirea pereților și ameliorarea gradului de ventilație a încăperilor. Valori majorate ale concentrațiilor radonului $200\ldots 430 \text{ Bq/m}^3$ au fost înregistrate în încăperile amplasate la subsol/demisol și depozite lipsite de ventilație.

În baza analizelor clusteriane, cu evidențierea distanțelor euclidiene și de linkaje, s-a elucidat că, concentrația ^{222}Rn în aerul interior, în special al edificiilor locative, unde omul își petrece circa 60% din timp, este detașat în strânsă dependență cu factorii exogeni (temperatura solului/umiditatea aerului), tipul materialelor de construcție, tipul solului/rocilor adiacente construcțiilor, fundamentul etanșat și ventilația încăperilor [3, 13, 14, 36, 191].

5. Estimarea riscului mediu anual, asociat iradierii populației Republicii Moldova de la sursele naturale pentru perioada 2011-2016 a evidențiat că, echivalentul dozei efective (EDE) a constituit $2,594 \text{ mSv/an}$, iar ponderea tuturor surselor naturale a fost următoarea: radiația cosmică – 13,49%; radiația gama telurică –14,57%; sursele de iradiere prin ingestie: K-40, U-238 și Th-232 – 10,33%; sursele de iradiere prin inhalare ^{222}Rn și descendenții lui – 56,17%; sursele de iradiere prin inhalare ^{220}Rn și descendenții lui – 5,43%. Doza colectivă anuală, asociată iradierii de la sursele naturale în Republica Moldova pe parcursul perioadei de studiu a constituit $9222,08 \text{ mSv/an}$, iar riscul asociat iradierii naturale în dezvoltarea bolilor oncologice a constituit 9 – 11 % din totalul neoplaziilor pulmonare sau estimativ 450 decese prin cancer letal [32, 33, 34].

6. Evaluarea structurii morbidității prin boli oncologice în perioada a.a. 2013-2015 în Republica Moldova a elucidat că incidența cancerului bronhopulmonar s-a situat pe primul loc în ierarhia bolilor oncologice, înregistrate în țară. Această tendință s-a menținut pe parcursul ultimilor 6 ani. Totodată, incidența tipului de cancer sus-menționat a fost detașat mai sporit în zona de Nord a țării, iar în ultimii 2 ani și în Zona Centru. Prevalența cancerului bronhopulmonar era sporită în r-le Orhei și Soroca, în special în a.2013. Baza de date a permis elaborarea cartografierii incidenței unor boli oncologice pe teritoriul Republicii Moldova.

7. 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 $0,571^{\bullet}$ ($p \leq 0,05$), ceea ce atestă dependența declanșării cancerului bronhopulmonar în funcție de concentrația radonului. Totodată, s-a observat că, nivelul coeficientului de corelație între indicatorii nominalizați a variat în funcție de localitate,

evidențiindu-se următoarele valori: Ștefan-Vodă – 0,629, Ungheni – 0,636, Telenești – 0,485, Orhei – 0,665, Soroca – 0,342, Leova – 0,356, Criuleni – 1,0 și Hâncești – 0,308 [16].

8. Rezultatele studiului confirmă necesitatea monitoringului permanent al radonului, elaborarea unei strategii naționale pentru diminuarea expunerii populației. Măsurile complexe de radioprotecție a expunerii populației Republicii Moldova la sursele naturale, inclusiv radonul, au fost elaborate de către autor, inclusiv Ghidurile: “Metodologia monitorizării surselor naturale de radon (^{222}Rn) și evaluarea riscului radiologic pentru populația expusă”, “Monitorizarea surselor de radiații ionizante”, unde sunt actualizate normativele naționale și care necesită a fi implementate în toate teritoriile [36].

RECOMANDĂRI PRACTICE

1. Reevaluarea periodică (fiecare 5 ani) a expunerii populației de la toate sursele naturale de radiații ionizante.

2. Sunt necesare măsuri speciale pentru serviciile abilitate privind consultarea preliminară, înainte de proiectarea și construcția obiectivelor locative și sociale și efectuarea măsurătorilor analogice fiecare 5 ani.

3. Se recomandă unităților economice și cetățenilor efectuarea/solicitarea investigațiilor privind fondul gama și radonul pe teritoriul și interiorul încăperilor locative și sociale.

4. 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 măsurile de prevenire/diminuare a acestuia se propune pentru instituțiile de sănătate publică, instituțiile de cercetare și specialiștii din domeniul igienei 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 prevede armonizarea actului normativ național la standardele AIEA, OMS, CIPR, EURATOM.

5. 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 igienişti, studenților și rezidenților facultății de Sănătate Publică a USMF, care studiază Igiena

Radiațiilor la etapa pregătirii universitare/postuniversitare. Totodată, 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.

6. Cartarea concentrațiilor de radionuclizi naturali/tehnogeni și a maladiilor oncologice se propune pentru utilizare Ministerului Sănătății, Ministerului Mediului și procesului didactic din USMF „Nicolae Testemițanu”.

7. Informarea corectă și sistematică a tuturor cetățenilor prin intermediul massmediei, cu privire la potențialul pericol al radiațiilor ionizante, inclusiv a fondului gama și măsurile de prevenție. În vederea promovării Sănătății Publice în rândul populației și autorităților publice locale, se propune Pliantul „**Impactul radonului asupra sănătății**”, elaborat de autor împreună cu colaboratorii, 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 în supravegherea și reglementarea expunerii populației iradierii de la sursele naturale de radiații ionizante.

8. 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. Totodată am elaborat algoritmul de monitorizare a iradierii naturale a populației (Anexa 9), care este esențial pentru monitorizarea surselor naturale.

Bibliografie

1. Al-Zoughool M., Krewski D. Health effects of radon: a review of the literature. In: International Journal of Radiation Biology, 2009, vol. 85(1), p. 57-69.
2. Harb S. et al. Specific activities of natural rocks and soils at quaternary intraplate volcanism north of Sana'a, Yemen. In: J. Med. Phys. 2012, vol. 37(1), p. 54-60. doi: 10.4103/0971-6203.92721.
3. Gusain G.S. et. al. Distribution of terrestrial gamma radiation dose rate in the eastern coastal area of Odisha, India. In: Radiat. Prot. Dosimetry, 2012 vol. 152(1-3), p. 42-45. doi: 10.1093/rpd/ncs148.
4. Mrdakovic Popic J. et. al. Outdoor ^{220}Rn , ^{222}Rn and terrestrial gamma radiation levels: investigation study in the thorium rich Fen Complex, Norway. In: Journal of Environmental Monitoring, 2012, vol. 14(1), p. 193-201.
5. Anjos R.M. et. al. External gamma-ray dose rate and radon concentration in indoor environments covered with Brazilian granites. In: Journal of Environmental Radioactivity, 2011, vol. 102(11), p. 1055-1061.
6. Kapdan E. et. al. A study of environmental radioactivity measurements for Cankiri, Turkey. In: Radiat Prot Dosimetry. 2012, vol. 150(3), p. 398-404. doi: 10.1093/rpd/ncr416.
7. Jeambrun M. et. al. Potential sources affecting the activity concentrations of ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th and some decay products in lettuce and wheat samples. In: J. Environ Monit., 2012, vol. 14(11), p. 2902-2912.
8. Stochioiu A., Sahagia M., Tudor I. TLD System for the monitoring of the environmental radioactivity. In: Rom. Journ. Phys., 2009, vol. 54(7-8), p. 711-719.
9. Magdei M. ș.a. NFRP-2000. Norme fundamentale de radioprotecție. Cerințe și reguli igienice. Nr. 065334 din 27.02.2001. Monitorul Oficial Nr. 40-41 art Nr: 111.
10. Rushton L. et. al. Occupation and cancer in Britain. In: British journal of cancer, 2010, vol. 102(9), p. 1428-1437.
11. World Health Organization, 2009 WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective, World Health Organization, 94 p. ISBN-13: 978-92-4-154767-3.
12. Vukasinovic I. Z. et. al. Natural isotopes ^{238}U I ^{40}K content in rigosol from the area of school estate good „radmilovac” of faculty of agriculture, Zemun. In: Journal of Agricultural Sciences, 2009, vol. 54, nr 2, p. 143-151.
13. Todorovic N. et. al. Effects of alpha particle radiation on gene expression in human pulmonary epithelial cells. In: International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2012, vol. 215(5), p. 522-535.
14. 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.
15. Vîrlan S., Coretchi L., Rosca A., Bahnarel I., Apostol I and. Thomas Streil. ESTIMATION OF INDOOR RADON CONCENTRATIONS IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA. In: East European Radon Symposium - FERAS 2012 September. 2nd - 5th, 2012.
16. Olszewski J., Skubalski J. Radon concentrations in selected residential buildings in the city of Łódź. In: Medycyna Pracy, 2011, vol. 62(1), p. 31-36.
17. 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.
18. Bahnarel I., Coretchi L. Contribuții la monitorizarea radioactivității mediului. În: ACADEMOS, 2011, nr. 1(20), p. 77-81.
19. 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.
20. Centrul Național de Management în Sănătate (CNMS). Formulare statistice 2011 – 2015; Biroul Național de Statistică al Republicii Moldova; Norme Fundamentale de Radioprotecție. Cerințe și Reguli Igienice

21. Shahbazi-Gahruei D., Gholami M., Setayandeh S. A review on natural background radiation, 2013, vol. 2, p. 65.
22. Сапожников Ю. А. Радиоактивность окружающей среды. Теория и практика. Ю. А. Сапожников, Р. А. Алиев, С. Н. Калмыков, М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006, 286 с.
23. Mc Laughlin J. P. Some characteristics and effects of natural radiation. In: Radiation Protection Dosimetry, 2015, vol. 167(1-3), p. 2-7.
24. Ramachandran T. V. Background radiation people and the environment. In: Iran J. Radiat Res., 2011, vol. 9, p. 63–76.
25. Vukašinović I. et. al. Distribution of natural radionuclides in anthrosol-type soil. In: TÜBITAK, 2010, vol. 34, p. 539-546. doi:10.3906/tar-0911-59.
26. UNEP, 2016, Radiation effects and sources, 55 p. ISBN: 978-92-807-3517-8.
27. UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Available online: http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2000_1.html, vizitat 20.X.2015.
28. 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.
29. Burgele B. D. Contribuția toronului la iradierea naturala a populației din România și probleme care apar în măsurarea toronului și radonului. Teză De Doctorat, Rezumat, 2013, 22 p.
30. A Timar-Gabor, AG Wintle. On natural and laboratory generated dose response curves for quartz of different grain sizes from Romanian loess. V. 41, 2015.
31. Ostrofeț, Gheorghe. Igiena militară : teorie și practică / Gh. Ostrofeț, L. Groza, L. Migali ; USMF " N. Testemițanu", Cat. Igiena generală. - Chișinău : Medicina, 2003. - 246 p. - ISBN 9975-907-10-5 Ostrofeț Gh. ș.a., 2009.
32. Bibbo G., Piotto L. Background ionising radiation: a pictorial perspective. In: Australas Phys. Eng. Sci. Med., 2014, vol. 37(3), p. 575-581. doi: 10.1007/s13246-014-0286-5. Epub 2014 Jun 28.
33. Ademola, A. K., Bello, A. K., & Adejumbi, A. C.. Determination of natural radioactivity and hazard in soil samples in and around gold mining area in Itagunmodi, south-western, Nigeria. Journal of Radiation Research and Applied Sciences, 7(3), 249-255.
34. Serghei Virlan. SURSELE NATURALE DE RADIAȚII IONIZANTE ȘI EXPUNEREA POPULAȚIEI REPUBLICII MOLDOVA RISCULUI ASOCIAT IRADIERII. In: PUBLIC HEALTH, ECONOMY AND MANAGEMENT IN MEDICINE 2(47)/2013 p. 30 – 35.
35. European Commission. Council Directive Laying Down Requirements For The Protection Of The Health Of The General Public With Regard To Radioactive Substances In Water Intended For Human Consumption. Brussels, 28.3.2012, 16 p.
36. Moldovan M. et al. Radon concentration in drinking water and supplementary exposure in Baita-Stei mining area, Bihor county (Romania). In: Radiation Protection Dosimetry Journal, 2014, vol. 158, nr 4, p. 447-452.
37. Ravikumar et al. Spatio-temporal Variation in Radon Concentration in Groundwater with Respect to Rock Types: A Case Study from Chitradurga District, Karnataka. In: Journal Geological Society of India, 2014, vol. 83, p.156-164.
38. 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.
39. Anselmo Salles Paschoa, F. Steinhausler. TENR - Technologically Enhanced Natural Radiation. In: Radioactivity in the Environment, 2010, nr 17, 244 p. ISBN-10: 0080449360.
40. Vasilie N. S. (Florea). Studiul radioizotopilor ambientali. Teză de doctorat, București, 2012.
41. Eštoková A, Palaščáková L. Assessment of natural radioactivity levels of cements and cement composites in the Slovak Republic. In: Int. J. Environ. Res. Public Health, 2013, vol. 10(12), p. 7165-7179. doi: 10.3390/ijerph10127165.
42. Gharbi F. et. al. Exposure to radiation from the natural radioactivity in Tunisian building materials. In: Radiat. Prot. Dosimetry. 2012, vol. 152(4), p. 418-422. doi: 10.1093/rpd/ncs045.

43. Hendry J. H. et. al. Human exposure to high background radiation: what can it teach us about radiation risks? In: *Journal of Radiological Protection*, 2009, vol. 29(2A), p. 29-42. doi: 10.1088/0952-4746/29/2A/S03.
44. 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.
45. Agar O. et al. Measurement of radioactivity levels and assessment of radioactivity hazards of soil samples in Karaman, Turkey. In: *Radiat. Prot. Dosimetry*, 2014, vol. 162(4), p. 630-7. doi: 10.1093/rpd/ncu027.
46. Constantin D., Timar-Gabor A., Cosma C. Monitorizarea radioactivității mediului prin utilizarea dozimetrelor cu termoluminescență. Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca, Facultatea de Știința Mediului. În: *Ecoterra*, 2011, nr. 26, p. 39 – 44.
47. Ahmad T. R., Nursama H. A, Husin W. Assessment of radiation dose rates in the high terrestrial gamma radiation area of Selama District, Perak, Malaysia. In: *Applied Physics Research*, 2009, vol. 2, p. 45-53.
48. Długosz-Lisiecka M, Ziomek M. Direct determination of radionuclides in building materials with self-absorption correction for the 63 and 186 keV γ -energy lines. In: *J. Environ. Radioact.*, 2015, vol. 150, p. 44-48. doi: 10.1016/j.jenvrad.2015.07.018.
49. Ebaid Y.Y., Bakr W.F. Investigating the effect of using granite and marble as a building material on the radiation exposure of humans. In: *Radiat. Prot. Dosimetry*. 2012, vol. 151(3), p. 556-563. doi: 10.1093/rpd/ncs044.
50. Quindós L.S. et. al. Indoor radon in a Spanish region with different gamma exposure levels. In: *Journal of Environmental Radioactivity*, 2008, vol. 99(10), p. 1544-1547.
51. UNSCEAR Report 2000: Sources and Effects of Ionizing Radiation, Monty Charles. In: *Journal of Radiological Protection*, 2001, vol. 21, p. 83-85.
52. Fatima I. et. al. Measurement of natural radioactivity and dose rate assessment of terrestrial gamma radiation in the soil of southern Punjab, Pakistan. In: *Radiation Protection Dosimetry*, 2008, vol. 128(2), p. 206-212.
53. Norme Fundamentale de Radioprotecție, Cerințe și Reguli Igienice nr. 06.5.3.34 din 27 februarie 2001. În: *Monitorul Oficial Nr. 40-41 art Nr : 111*, 05.04.2001 Chișinău.
54. Bassioni G. et. al. Evaluation of naturally occurring radioactive materials (NORMs) in inorganic and organic oilfield scales from the Middle East. In: *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 2012, vol. 62(3), p. 361-368. doi: 10.1007/s00244-011-9706-7.
55. Karahan G. Risk assessment of baseline outdoor gamma dose rate levels study of natural radiation sources in Bursa, Turkey. In: *Radiat. Prot. Dosimetry*, 2010, vol. 142(2-4), p. 324-331. doi: 10.1093/rpd/ncq217.
56. Lenka P. et. al. Ingestion dose from ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K and ^{137}Cs in cereals, pulses and drinking water to adult population in a high background radiation area, Odisha, India. In: *Radiat. Prot. Dosimetry*, 2013, vol. 153(3), p.328-333. doi: 10.1093/rpd/ncs115.
57. Abdulkareem Salem Al-Saif. Radioecological Aspects of Hail Region: Behavior of Some Radionuclides in Soil. Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Master's Degree in the Department of Physics and Astronomy at the College of Science, King Saud University, 2009, p. 8-16.
58. 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.
59. Sas Z. et. al. Radon emanation and exhalation influential effect of sample and internal structure conditions. In: *Rom. Journ. Phys.*, 2013, vol. 58, Supplement, p. S243–S250.
60. World Health Statistics 2009 contains WHO's annual compilation of data from its 193 Member States, and includes a summary of progress towards the health-related Millennium Development Goals and targets. Fact sheet N°290, 2009.

61. Vîrlan Serghei, Corețchi Liuba, Bahnarel Ion et al. Metodologia monitorizării surselor naturale de radon (^{222}Rn) și evaluarea riscului radiologic pentru populația expusă. ISBN:978-9975-4027-6-7 2014. Ghid, 48 p.
62. 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.
63. Radiation Protection Against Radon in Workplaces other than Mines, Safety Report Series, No. 33, IAEA, Viena, 2003, 79 p.
64. Timar-Gabor, A., Vandenberghe, D.A.G., Vasiliniuc, S., Panaitu, C., Panaiotu, G., Dimofte, D., Cosma, C. Optical dating of Romanian loess: A comparison between silt-sized and sand-sized quartz, Quaternary International Article in Press, doi:10.1016/j.quaint.2010.10.007 Gabor (Timar) A., 2010.
65. Gulea A., Bulimestru I., Isac-Guțul T. Gaze inerte. Suport de curs pentru studenți de la Facultatea de Chimie și Tehnologie Chimică, Chișinău, 2014, p. 63–66.
66. Perrier F., Richon P. Spatiotemporal variation of radon and carbon dioxide concentrations in an underground quarry: coupled processes of natural ventilation, barometric pumping and internal mixing. In: Journal of environmental radioactivity, 2010, vol. 101(4), p. 279-296.
67. Kabrt F. et. al. Radon soil gas measurements in a geological versatile region as basis to improve the prediction of areas with a high radon potential. In: Radiat. Prot. Dosimetry, 2014, vol. 160(1-3), p. 217-221. doi: 10.1093/rpd/ncu086.
68. Kropat G. et al. Improved predictive mapping of indoor radon concentrations using ensemble regression trees based on automatic clustering of geological units. In: J. Environ. Radioact., 2015, vol. 147, p. 51-62. doi: 10.1016/j.jenvrad.2015.05.006.
69. Kumar A. et al. Modeling of indoor radon concentration from radon exhalation rates of building materials and validation through measurements. In: J. Environ. Radioact., 2014, vol. 127, p. 50-55. doi: 10.1016/j.jenvrad.2013.10.004.
70. Lecomte J.F. et. al. International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 126: Radiological Protection against Radon Exposure. In: Ann. ICRP, 2014, vol. 43(3), p. 5-73. doi: 10.1177/0146645314542212.
71. Moldovan M. et al. Radon concentration in drinking water and supplementary exposure in Baita-Stei mining area, Bihor county (Romania). In: Radiation Protection Dosimetry Journal, 2014, vol. 158, nr 4, p. 447-452.
72. Manea, Carmen; Podina, C.; Crutu, G.; Popescu, M.; Pordea, I. THE DISTRIBUTION OF RADON CONCENTRATION AND DEBIT GAMMA DOSE IN BUCHAREST AREA. In: Analele Universitatii Bucuresti: Chimie . 2011, Vol. 20 Issue 1, p73-78. 6p. 2 Charts.
73. Manea C. et al., Establishing the irradiation dose for paper decontamination. In: Radiation Physics and Chemistry Volume 81, Issue 8, August 2012, Pages 1045-105.
74. Vîrlan S., Corețchi L., Rosca A., Bahnarel I., Apostol I and. Thomas Streil. ESTIMATION OF INDOOR RADON CONCENTRATIONS IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA. In: Bulletin of the Academy of Sciences of Moldova 4(36) 2012,. p.181-186.
75. Corețchi L., Bahnarel I. et al., METODOLOGIA MONITORIZĂRII SURSELOR NATURALE DE RADON (^{222}Rn) ȘI EVALUAREA RISCULUI RADIOLOGIC PENTRU POPULAȚIA EXPUSĂ. În: Sănătate Publică, Economie și Management în Medicină, 2012.
76. Steinitz G., Piatibratova O. Radon signals at the Roded site, Southern Israel. In: Solid Earth, 2010, nr 1, p. 99-109.
77. Cosma C., Cucos Dinu A., Dicu T. Preliminary results regarding the first map of residential radon in some regions in Romania. In: Radiation Protection Dosimetry Journal, 2013, vol. 155(3), p. 343-50.
78. Manea C. et al. Determination of additional effective dose and radiological risk assessment for exposed population in Lisava mining area (Banat area). In: Revista de chimie, 2012, vol. 63, nr 2, p. 182-186.

79. Crockett R.G.M. et. al. Tidal synchronicity of builtenvironment radon levels in the UK. In: *Geophys. Res. Lett.*, 2006, vol. 33(5), 0094-8276.
80. Groves-Kirkby C.J. et. al. Identification of tidal and climatic influences within domestic radon time-series from Northamptonshire, UK. In: *Science of the Total Environment*, 2006, vol. 367, p. 191–202.
81. Zafrir H. et. al. Gamma versus alpha sensors for Rn-222 long-term monitoring in geological environments. In: *Radiat*, 2011, vol. 46, Meas. doi:10.1016/j.radmeas, p. 611-620.
82. Jayasheelan A, Manjunatha Siddappa, J. Sannappa, C. Ningappa. Radon concentration in atmosphere and its variation with depth of the soil in and around Tumkur, Karnataka, India. In: *International Journal of Advanced Scientific and Technical Research* , 3 volume 2, March-April 2013, ISSN 2249-9954.
83. S. Kreim, D. Beck, K. Blaum, Ch. Borgmann, M. Breitenfeldt, T. E. Cocolios, A. Gottberg, F. Herfurth, M. Kowalska, Yu. A. Litvinov, D. Lunney, V. Manea, T. M. Mendonca, S. Naimi, D. Neidherr, M. Rosenbusch, L. Schweikhard, Th. Stora, F. Wienholtz, R. N. Wolf, and K. Zuber. Competition between pairing correlations and deformation from the odd-even mass staggering of francium and radium isotopes. In: *PHYSICAL REVIEW C* 90, 024301 – Published 4 August.
84. National Research Council, 1999. National Research Council publication, <https://www.nap.edu/.../how-people-learn-bridging-research-and-pr>, accesed, 05/11/2015.
85. European Union (Radioactive Substances In Drinking Water) Regulations. S.I., 2016, nr 160, 22 p.
86. NFRP-2000. Norme fundamentale de radioprotecție. Cerințe și reguli igienice. Nr. 065334 din 27.02.2001. Monitorul Oficial Nr. 40-41 art Nr: 111.
87. Al-Masri M. S., Blackburn, R. Radon-222 and related activities in surface waters of the English Lake District. In: *Appl. Radiat.*, 1999, Iso. 50, p. 1137–1143.
88. 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.
89. Baykara O., Dogru M. Measurement of radon and uranium concentration in water and soil samples from East Anatolian Active Fault Systems (Turkey). In: *Radiat. Meas.*, 2006, vol. 41, p. 362.
90. Alonso H. et al. Radon in Groundwater of the Northeastern Gran Canaria Aquifer. In: *Water*, 2015, vol. 7, p. 2575-2590.
91. Fakhri Y. et al. Effective Dose of Radon 222 of the Tap Water in Children and Adults People; Minab City, Iran. In: *Global Journal of Health Science*; 2016, vol. 8, nr. 4; p. 234-243.
92. W.H.O. Guidelines for drinking-water quality: Recommendations, 2004, vol. 1. World Health Organization, 515 p.
93. Fakhri Y. et al. Effective Dose of Radon 222 Bottled Water in Different Age Groups Humans: Bandar Abbas City, Iran. In: *Global Journal of Health Science*, 2016, vol. 8(2), p. 64-71.
94. United State Environmental Protection Agency. 2006 [<http://www.epa.gov/radon/aboutus.html>], vizitat la 29.07.2016.
95. Al Zabadi et al. Exposure assessment of radon in the drinking water supplies: a descriptive study in Palestine. In: *BMC Research Notes*, 2012, vol. 5(29), p. 1-8.
96. Yun-Yun W. et al. Radon Concentrations in Drinking Water in Beijing City, China and Contribution to Radiation Dose. In: *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2014, vol. 11(11), p. 11121-11131.
97. Bem H. et al. Radon (222Rn) in underground drinking water supplies of the Southern Greater Poland Region. In: *J Radioanal. Nucl. Chem.*, 2014, vol. 299, p. 1307-1312.
98. Rudnick R. L., Gao S. Composition of the continental crust. In *The Crust*, in *Treatise On Geochemistry* Heinrich, D. H., Karl K. T., Rudnick, R. L., Eds.; In: Elsevier Science, 2003, vol. 3, p. 1-64.

99. Ayotte J. D., Flanagan S. M., Morrow W. S. Occurrence of Uranium and ²²²Rn in Glacial and Bedrock Aquifers in the Northern United States. 1993–2003, U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report, 2007, 93 p.
100. Jung H. B. et al. Redox behavior of uranium at the nanoporous aluminum oxide-water interface: Implications for uranium remediation. In: Environ. Sci. Technol., 2012, vol. 46 (13), p. 7301-7309.
101. Evaluarea Sectorială de Mediu. Proiectul de Susținere al Programului Sectorului Drumuri din Republica Moldova. Ministerul Transporturilor și Gospodăriei Drumurilor; Administrația de Stat a Drumurilor. Chișinău, Republica Moldova. 2007. 108 p.
102. ICRP-2007. [http://www.icrp.org/docs/ICRP_Publication_103-Annals_of_the_ICRP_37\(2-4\)](http://www.icrp.org/docs/ICRP_Publication_103-Annals_of_the_ICRP_37(2-4)), vizitat la data 09.01.2017.
103. ICRP, 2007a. Biological and epidemiological information on health risks attributable to ionising radiation: a summary of judgements for the purposes of radiological protection of humans. Annex A to 2007 Recommendations.
104. Lochard J. et al. Radiological Protection from Cosmic Radiation in Aviation. In: ICRP Publication 132. Ann. ICRP, 2016, vol. 45(1), p. 1-48.
105. Bolch T. et al. The ICRP Computational Framework for Internal Dose Assessment for Reference Adults: Specific Absorbed Fractions. In: ICRP Publication 133, 2016, vol. 45(2), p. 1-74.
106. ICRP. Annual Report, 2015, 35 p.
107. ICRP, 2012. Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60. ICRP Publication 119. Ann. ICRP 41(Suppl.).
108. Abd El-Zaher M. A comparative study of the indoor radon level with the radon exhalation rate from soil in Alexandria city. In: Radiat. Prot. Dosimetry, 2013, vol. 154(4), p. 490-496. doi: 10.1093/rpd/ncs267.
109. Chen J., Moir D., Whyte J. Canadian population risk of radon induced lung cancer: a re-assessment based on the recent cross-Canada radon survey. In: Radiat. Prot. Dosimetry, 2012, vol. 152(1-3), p. 9-13. doi: 10.1093/rpd/ncs147.
110. 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.
111. Alharbi S. H., Akber R. A. Radon and thoron concentrations in public workplaces in Brisbane, Australia. In: J. Environ. Radioact, 2015, vol. 144, p. 69-76. doi: 10.1016/j.jenvrad.2015.03.008.
112. 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.
113. Raaschou-Nielsen O. et al. Domestic radon and childhood cancer in Denmark. In: Epidemiology, 2008 vol. 19(4), p. 536-543. doi: 10.1097/EDE.0b013e318176.
114. Dinu A. Corelații între radonul din locuințe și incidența cancerului pulmonar în zona minieră Ștei Băița, Teză de doctorat. Universitatea Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca, 2009.
115. Kapdan E. et. al. Determination of the health hazards due to background radiation sources in the city of Adapazari, Northwestern Turkey. In: Isotopes Environ Health Stud, 2011, vol. 47(1), p. 93-100.
116. Chen J. et. al. Soil radon measurements in the Canadian cities. In: Radiation Protection Dosimetry, 2012, vol. 151(1), p. 172-174.
117. Del Risco Kollerud R., Blaasaas K. G., Claussen B. Risk of leukaemia or cancer in the central nervous system among children living in an area with high indoor radon concentrations: results from a cohort study in Norway. In: Br. J. Cancer, 2014, vol. 111(7), p. 1413-1420. doi: 10.1038/bjc.2014.400.
118. Myatt T.A. et. al. Assessing exposure to granite countertops - Part 1: Radiation. In: Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, 2010, vol. 20(3), p. 273-280.

119. Yoon Seokwon et. al. Indoor radon distribution of subway stations in a Korean major city. In: Journal of environmental radioactivity, 2010, vol. 101(4), p. 304-308. ISSN: 0265-931X. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2010.01.002.
120. 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.
121. 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.
122. 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.
123. Zeng-Li Zhang et. al. Residential Radon and Lung Cancer Risk: An Updated Metaanalysis of Case-control Studies. In: Asian Pacific Journal of Cancer Prevention, 2012, vol. 13, p. 2459-2465.
124. <https://www.cancer.org>. Vizitat la data de 08.09. 2017.
125. Kávási N. et. al. Effective dose of miners due to natural radioactivity in a manganese mine in Hungary. In: Radiat. Prot. Dosimetry, 2010, vol.141(4), p. 432-435. doi: 10.1093/rpd/ncq253.
126. Lino Ada R. et al. The role of the implementation of policies for the prevention of exposure to Radon in Brazil-a strategy for controlling the risk of developing lung cancer. In: Ecancer medical science, 2015, vol. 9, p. 572. doi: 10.3332/ecancer.2015.572. eCollection 2015. Review.
127. Karahan G., Bayulken A. Assessment of gamma dose rates around Istanbul (Turkey). In: Journal of environmental radioactivity, 2000, vol. 47(2), p. 213-221.
128. Al-Jundi J. Population doses from terrestrial gamma exposure in areas near to old phosphate mine, Russaifa, Jordan. In: Radiation Measurements, 2002, vol. 35(1), p. 23-28.
129. Saleh I. H. et. al. Radiological study on soils, foodstuff and fertilizers in the Alexandria region, Egypt. In: Turk. J. Eng. Environ. Sci., 2007, vol. 31, p. 9-17.
130. Tzortzis M., Svoukis E. and Tsertos H. A comprehensive study of natural gamma radioactivity levels and associated dose rates from surface soils in Cyprus. In: Radiation protection dosimetry, 2004, vol. 109(3), p. 217-224.
131. Tahir S. et al. Measurements of activity concentrations of naturally occurring radionuclides in soil samples from Punjab province of Pakistan and assessment of radiological hazards. In: Radiation Protection Dosimetry, 2005, vol. 113(4), p. 421-427.
132. ICRP, 2005c. Low-dose extrapolation of radiation-related cancer risk. ICRP Publication 99. Ann. ICRP 35(4), 140 p.
133. ICRP, 2003b. Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus). ICRP Publication 90. Ann. ICRP 33(1/2).
134. ICRP Publication 103, The 2007 Recommendation of the International Commission on Radiological Protection. In: Annals of ICRP, 2007, nr 37, p. 2-4. https://www.elsevier.com/wps/find/bookdescription.cws_home/713998/description#description.
135. ICRP Publication 105. ed.: Jack Valentin, București: Anima, 2012. ISBN 978-973-7729-72-9.
136. UNSCEAR 2006 REPORT Vol. I. EFFECTS OF IONIZING RADIATION. In: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2006 Report to the General Assembly, with scientific annexes A and B.
137. IAEA Annual Report for 2014. Typically issued in July each year, the IAEA Annual Report
138. ICRP, 2014. Radiological Protection against Radon Exposure. ICRP Publication 126. In: Ann. ICRP, 2014, vol. 43(3).
139. 31 Dec. 2012 - Annual report 2012 and Environmental statement 2013. Contents.ICRI raport 88 page, 2012.
140. IAEA Safety Standards. Radiation protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, General safety Requirements, Part 3, No GSR, part 3., 2014.
141. World Health Organization, 2009 WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective, World Health Organization, 94 p. ISBN-13: 978-92-4-154767-3.

142. <https://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC61/Resolutions/index.html>. 61st IAEA General Conference (2017) Resolutions and Other Decisions. International Atomic Energy Agency, 2017.
143. 8 Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013. Convention at the International Atomic Energy Agency (IAEA).
144. International Commission on Radiological Protection, Sept 5th, 2017 at the 4th edition of ICRP's biennial.
145. Mojtaba N., Ali N. Measurement of soluble radon in jooshan Spa (se of Iran) and study ITS performance in Earthquake forecasting process. In: Environmental physics, 2013, vol. 58, p. 373-382.
146. 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. In: Radiation and environmental biophysics Journal, 2015, vol. 54(2), p. 225-241.
147. Bahnarel I., Corețchi L. Contribuții la monitorizarea radioactivității mediului. În: ACADEMOS, 2011, nr. 1(20), p. 77-81.
148. Z Halász, G Timár, F Kun The effect of disorder on crackling noise in fracture phenomena. Progress of Theoretical Physics Supplement 184, 385-399, 2010.
149. 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.
150. IAEA Analytical Quality in Nuclear Applications No. IAEA/AQ/33, 2013. Series - 54 ... IAEA-RML-2013-01 Proficiency Test for Determination of Radionuclides.
151. Caresana M. et al. Uncertainties evaluation for electrets based devices used in radon detection. In: Radiat. Prot. Dosim., vol. 113(1), 2005, p. 64-69.
152. 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.
153. World Health Statistics 2017: Monitoring health for the SDGs. Global Health Observatory (GHO) data, WHO, 2017, http://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/2017/en/, accessed 12/12/2017.
154. Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data. IAEA-TECDOC-1363, 2003, https://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/te_1363_web.pdf, accessed 07/11/2017.
155. Michiel R. van der Loeff et al. A review of present techniques and methodological advances in analyzing ²³⁴Th in aquatic systems. In: Marine Chemistry "FATE", 2006, p.190-212.
156. IAEA Analytical Quality in Nuclear Applications No. IAEA/AQ/19 Analytical Methodology for the Determination of Radium Isotopes in Environmental Samples, VIENNA, 2010, 74 p.
157. Salama S, Helal A.I., Gomaa M.A. Radioactivity of the Treated Topaz. In: Arab Journal of Nuclear Sciences and Applications, 2012, vol. 45(2), p. 186-193. Egyptian Atomic Energy Authority.
158. Efstratios G. Vogianis, Dimitrios Nikolopoulos. Radon Sources and Associated Risk in Terms of Exposure and Dose. In: Frontiers in Public Health, 2014, v.2, doi: 10.3389/fpubh.2014.00207, PMC4283434.
159. 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.
160. 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.
161. Todorovic N. et. al. Effects of alpha particle radiation on gene expression in human pulmonary epithelial cells. In: International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2012, vol. 215(5), p. 522-535.

162. 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.
163. Al-Haydari A., Al Sharabi E.S., Al Buhairi M.H. Determination of specific activity of ²²⁶Ra, ²³²Th and ⁴⁰K for assessment of environmental hazards. In: Radiat Prot Dosimetry, 2012, vol. 148(3), p.329-336. doi: 10.1093/rpd/ncr031.
164. Bavarnegin E., Moghaddam M.V., Fathabadi N. Natural radionuclide and radiological assessment of building materials in high background radiation areas of Ramsar, Iran. In: J Med Phys., 2013, vol. 38(2), p. 93-97. doi: 10.4103/0971-6203.111325.
165. 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.
166. 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.
167. Atef EL-TAHER. ASSESSMENT OF NATURAL RADIOACTIVITY LEVELS AND RADIATION HAZARDS FOR BUILDING MATERIALS USED IN QASSIM AREA, SAUDI ARABIA. In: ENVIRONMENTAL PHYSICS, Vol. 57, Nos. 3–4, P. 726–735, Bucharest, 2012.
168. Vasilescu (Manea) C. E. Contribuții la studiul surselor naturale de radon din România și evaluarea riscului radiologic pentru populația expusă, Teza de doctor. Rezumat, București, 2011, 25 p.
169. Reisbacka H. Radon Measurement Method with Passive Alpha Track Detector at STUK, Finland. Third European IRPA Congress, 14-18 June 2010, Helsinki. Finland, 2010, p. 82.
170. Makelainen I. et al. Indoor Radon and construction practices of finnish homes from 20th to 21 st Century. In: Third European IRPA Congress, 14-18 June 2010, Helsinki, Finland, 2010, p. 74.
171. Vîrlan S. ș.a. Ghid. Metodologia monitorizării surselor naturale de radon (²²²Rn) și evaluarea riscului radiologic pentru populația expusă. Ch.: CNSP, 2014, 50 p. ISBN 978-9975-4027-6-7.
172. COREȚCHI, L.; VÎRLAN, S.; COJOCARI, A.; FURTUNĂ, D.; BAHNAREL, I. Monitoringu concentrățiilor de radon pe teritoriul Republicii Moldova. În: Sănătate Publică, Economie și Management în Medicină. 2012, 3 (42), p. 19-23. ISSN 1729-8687.
173. 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.
174. Larionov A.V. et al. DNA excision repair and double-strand break repair gene polymorphisms and the level of chromosome aberration in children with long-term exposure to radon. In: International Journal of Radiation Biology, 2016, vol.92 (8), p. 466-474.
175. Harvey I. Pass, David P. Carbone, David H. Johnson, John D. Minna, Giorgio V. Scagliotti, Andrew T. Turrisi. Principles and Practice of Lung Cancer: The Official Reference Text of the International Association for the Study of Lung Cancer (IASLC) , Feb 13, 2012 - Medical - 1040 pages.
176. de Freitas A.C. et al. Human papillomavirus and lung carcinogenesis: an overview . In: Journal of Cancer Research and Clinical Oncology, 2016, vol.142 (12), p. 2415-2427.
177. Linhares D.P.S. et al. DNA damage in oral epithelial cells of individuals chronically exposed to indoor radon (²²²Rn) in a hydrothermal area. In: Environmental Geochemistry and Health, 2016, p. 1-12.
178. Kreuzer M. et al. Leukaemia mortality and low-dose ionising radiation in the WISMUT uranium miner cohort (1946-2013). In: Occupational and Environmental Medicine, 2016. Article in Press.
179. Ferlay J. et al. Cancer Incidence and Mortality worldwide: IARC CancerBase No.11. Lyon, France: International Agency for Research on cancer;GLOBOCAN N2012 V1.1, 2014. Available from: <http://globocan.iarc.fr>, accessed on 07/06/2016.

180. <https://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk/substances/radon/radon-fact-sheet>. Radon and Cancer. National Cancer Institute, accessed 07/06/2016.
181. <http://www.umfiasi.ro>, accesat la 02.06.2017
182. <http://www.cancer.org/cancer/breastcancer/detailedguide/breast-cancer-key-statistics>, accessed on 07/06/2016;
183. Bulbuc G., Corcimar I., Bahnarel I. et al. The biological effects of low doses of ionizing radiation: Chernobyl Nuclear accident and spreading of Hemoblastoses in Moldova. In: International Conference held in Seville. Spain, 1997, p.323-325.
184. Cojocaru Oleg, Accidentele industriale care au reamintit de Hiroshima // Revista Bilant, nr.17, 2006.
185. [www.iaea.org /Publications/ Reports](http://www.iaea.org/Publications/Reports). IAEA Annual Report for 2016, accessed on 06/05/2017.
186. Grygorii Ye., Gropa S., Bahnarel I. et al. Chernobyl accident consequences effects on congenital malformations rate in Republic Moldova. In: 2nd International Conference: Long-term Health consequences of the Chernobyl disaster, Ukraine, Kiev, 1998, p. 37.
187. Bahnarel I., Corețchi L., Moldovanu M. Aspecte medico-biologice ale acțiunii accidentului nuclear de la Cernobil asupra populației Republicii Moldova, Chișinău, Ch.: Î.S.F.E.P., Tipografi a Centrală, 2005, 152 p.

ANEXE

ANEXA 1. Avizul favorabil al comitetului de etică a cercetării

REPUBLICA MOLDOVA

UNIVERSITATEA DE STAT DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE «NICOLAE TESTEMITANU» DIN REPUBLICA MOLDOVA

STATE MEDICAL AND PHARMACEUTICAL UNIVERSITY «NICOLAE TESTEMITANU» OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA

Aviz favorabil al
Comitetului de Etică a Cercetării

La proiectul tezei de doctorat cu titlu „*Estimarea riscului de expunere a populației Republicii Moldova la sursele naturale de radiații ionizante*”, realizat de către doctorandul : Vișlan Serghei, Conducătorul Științific : Bănușel Iuliu, d. farm., 2001, univ.

Comitetul de Etică a Cercetării USMF „Nicolae Testemitanu”, examinând la ședința din 26 martie 2012 următoarele documente:

1. Forma de solicitare pentru evaluarea etică a cercetării.
2. Protocolul proiectului.
3. Forma acordului informat.
4. Fișă de informare a participanților.
5. Adnotarea la tema tezei de doctor în medicină.
6. CV-ul la conducătorului științific și doctorandului.

A decis că proiectul de cercetare „*Estimarea riscului de expunere a populației Republicii Moldova la sursele naturale de radiații ionizante*”, realizat de către doctorandul Vișlan Serghei corespunde exigențelor etice.

Lista nominală a membrilor CEC prezenți în ședință: Rojnovanu Gheorghe, Rusu Natalia, Goroichin Ghenadie, Nacu Viorel, Ciurana Rodica, Spinei Larisa, Nemerenco Alia, Paulescu Andrei, Gavriluc Mihail.

Președintele
Comitetului de Etică a Cercetării

Mihail Gavriluc

Anexa 2. Date referitor la activitatea specifică și activitatea efectivă specifică în diferite materiale de construcție și finisare, utilizate pe teritoriul Republicii Moldova, conform clasificării.

Tabelul A. 2.1. Activitatea specifică (Bq/kg) a radionuclizilor ^{40}K , ^{232}Th și ^{226}Ra și activitatea efectivă specifică (Bq/kg), în diferite materiale de construcție și finisare, utilizate pe teritoriul Republicii Moldova, conform clasificării, Bq/kg/l

Nr	Tipul materialului de construcție și/sau finisare, conform clasificării	Activitatea specifică (Bq/kg)			Activitatea efectivă specifică (Bq/kg)
		²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	
		X±m x			
1	Materiale și accesorii p/u construcții (spumă poliuretanică, plăci minerale etc)	382±7,2	160,2±8,5	2355±4,2	284,9±3,23
2	Granit	58,9±8,5	129,5±7,6	1157±5,6	360,9±1,7
3	Piatră spartă	9,36±1,8	9,08±0,2	927±3,9	105,59±5,3
4	Prundiș/nisip	8,4±1,2	10,1±0,2	217±7,8	41,61±4,7
5	Căramidă	882,9±5,8	403,3±11,1	2445±3,2	1525,2±0,5
6	Ciment, Gips	53,2±8,2	63,6±3,4	2243±3,4	133,2±7,3
7	Cenușă, Zgură	93,4±9,7	84,3±2,8	1118±4,3	306,3±4,8
8	Articole din metal, deșeuri metalice	33,1±7,3	33,5±0,5	145,5±6,1	45,1±5,7
9	Articole din lemn, mobilier	70±10,1	41±0,7	60±7,1	35±9,4
10	Articole din materiale plastice	98,7±9,3	36,6±0,5	870±7,3	135,1±3,3
11	Articole tehnico-sanitare	90±8,9	79,1±1,2	532±5,5	211,7±6,2
12	Produse chimice (vopsea, lac, adeziv etc)	733±6,2	412±9,3	1900±4,1	284±2,3

ANEXA 3. Date referitor la măsurătorile concentrației de radon la exalarea din sol

Tabelul A 3.1. Numărul măsurătorilor concentrației de radon în dependență de tipul de rocă

Nr/ do	Data și anul	Localitatea efectuării măsurătorilor	Tipul de sol (rocă)	Rezultatele măsurătorilor efectuate		Parametrii de mediu sau factorii fizici (temperatura, umiditatea, Pa;)	Perioada efectuării măsurători-lor (ore), și nr. de măsurători	Regimul de lucru al Radonometru- lui de tip RTM 1688-2 (minute)	Executorii măsurătorilor efectuate
				Radon Bq/m ³	Toron Bq/m ³				
1	11.04.2011	Anenii-Noi	Argilos, argilă pentru producerea cărămizii, țiglei și ceramicei.	438 ± 13%	186	Pa = 1000 t = 16 ⁰ C 73%	3 6 măsurători	30 continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
2	11.04.2011	Anenii-Noi, Mereni	Nisipos, nisip pentru construcție.	570 ± 11%	223	Pa = 1000 t = 16 ⁰ C 66%	2 4 măsurători	30 continuu	Furtuna Denisii Vîrlan Sergiu
3	12.04.2011	Criuleni, Goieni	Calcaros, calcar pentru construcție	98 ± 28%	63	Pa = 1002 t = 11.5 ⁰ C 71%	3 6 măsurători	30 continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
4	12.04.2011	Criuleni, Făurești	Calcaros, calcar pentru construcție	12 ± 71%	35	Pa = 1002 t = 13 ⁰ C	3 6 măsurători	30 continuu	Furtuna Denisii Vîrlan Sergiu

						69%			
5	13.04.2011	Strășeni	Argilos, argilă pentru producerea cărămizii, ceramice și industria alimentară.	332 ± 12%	172	Pa = 1000 t = 12 ⁰ C 78%	6 12 măsurători	30 continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
6	15.04.2011	Orhei, Orheiul Vechi	Calcaros, calcar pentru construcții și piatră brută.	122 ± 23%	67 ± 46%	Pa = 1004 t = 14 ⁰ C 70%	5 10 măsurători	30 continuu	Furtuna Denisii Vîrlan Sergiu
7	30.05.2011	Orhei, Nordic sursă de apă de suprafață	Calcaros, pentru piatră brută și producerea varului.	6 ± 95%	BDL	Pa = 998 t = 28 ⁰ C 45%	6 12 măsurători	30 continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
8	01.06.2011	Ialoveni, Mileștii Mici	Calcaros, calcar pentru construcție.	BDL	BDL	Pa = 1000 t = 30 ⁰ C 40%	4,5 9 măsurători	30 continuu	Furtuna Denisii Vîrlan Sergiu
9	03.06.2011	Cricova, la suprafața solului	Calcaros, calcar pentru construcție.	1 ± 58%	BDL	Pa = 998 t = 33 ⁰ C 41%	2,5 5 măsurători	30 continuu	Cojocari Al-dra Corețchi Lilia
10	09.06.2011	Orhei, cariera Micăuți	Calcaros, pentru piatră brută și producerea	53	BDL	Pa = 1000	4,5	30 continuu	Vîrlan Sergiu

			varului	$\pm 37\%$		$t = 33^{\circ}\text{C}$ 41%	9 măsurători		Furtuna Denisii
11	10.06.2011	or. Cricova	Calcaros, calcar pentru construcție.	6 $\pm 43\%$	BDL	$P_a = 996$ $t = 33^{\circ}\text{C}$ 41%	3 6 măsurători	30 continuu	Cojocari Al-dra Corețchi Lilia
12	24.10.2011	Soroca, Egoreni	Gresii, pentru piatră brută și piatră de fețuire.	1790 $\pm 5\%$	213	$P_a = 1016$ $t = 15^{\circ}\text{C}$ 58%	5 ore 5 măsurători	60 continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
13	25.10.2011	Soroca, Egoreni	Gresii, pentru piatră brută și piatră de fețuire.	1723 $\pm 6\%$	213	$P_a = 1016$ $t = 15^{\circ}\text{C}$ 58%	8 ore 8 măsurători	60 continuu	Furtuna Denisii Vîrlan Sergiu
14	03.11.2011	Rîșcani, Șaptebani	Calcare pentru piatră brută și producerea varului.	453 $\pm 12\%$	39	$P_a = 1005$ $t = 20^{\circ}\text{C}$ 48%	5 ore 10 măsurători	30 continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
15	04.11.2011	Rîșcani, Șaptebani	Calcare pentru piatră brută și producerea varului.	467 $\pm 11\%$	48	$P_a = 1005$ $t = 21^{\circ}\text{C}$ 47%	8 ore 16 măsurători	30 continuu	Furtuna Denisii Vîrlan Sergiu

16	07.11.2011	Vulcănești	Nisip pentru construcție.	275 ± 11%	94	Pa = 1027 t = 13,5 ⁰ C 58%	6 ore 12 măsurători	30 continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
17	08.11.2011	Vulcănești	Nisip pentru construcție.	279 ± 10%	110	Pa = 1027 t = 13,5 ⁰ C 58%	9 ore 18 măsurători	30 continuu	Furtuna Denisii Vîrlan Sergiu
18	14.11.2011	Cantemir, Cociulia	Argilă pentru producerea betonului ușor (cheramzitei).	2276 ± 5%	150	Pa = 996 t = 5 ⁰ C 76%	6 ore 12 măsurători	30 continuu	Corețchi Liubov Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
19	15.11.2011	Cantemir, Cociulia	Argilă pentru producerea betonului ușor (cheramzitei).	2705 ± 5%	269	Pa = 995 t = 6 ⁰ C 78%	9 ore 18 măsurători	30 continuu	Corețchi Liubov Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
20	16.11.2011	Cantemir, Cociulia	Argilă pentru producerea betonului ușor (cheramzitei).	2607 ± 5%	207	Pa = 997 t = 5.5 ⁰ C 77%	9 ore 18 măsurători	30 continuu	Corețchi Liubov Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
21	17.11.2011	Comrat	Argilă pentru producerea betonului			Pa = 995	9 ore	30 continuu	Corețchi Liubov

			ușor (cheramzitei).	813 ± 8%	87	t = 6 ⁰ C 74%	18 măsurători		Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
22	18.11.2011	Comrat	Argilă pentru producerea betonului ușor (cheramzitei).	980 ± 7%	93	Pa = 995 t = 6.5 ⁰ C 75%	9 ore 18 măsurători	30 continuu	Corețchi Liubov Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
23	12.12.2011	Telenesti, Bănești	Argilă pentru producerea cărămizii, țiglei și ceramicei	180 ± 9%	15 ± 35%	Pa = 1001 t = 6 ⁰ C 68%	5 ore 10 măsurători	30 continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii Cojocari Al-dra
24	13.12.2011	Telenesti, Bănești	Argilă pentru producerea cărămizii, țiglei și ceramicei	190 ± 10%	14 ± 41%	Pa = 990 t = 7 ⁰ C 69%	8 ore 16 măsurători	30 continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii Cojocari Al-dra
25	14.12.2011	Telenesti, Chițcanii Vechi	Nisip pentru construcție	150 ± 11%	5 ± 18%	Pa = 980 t = 5 ⁰ C 70%	8 ore 16 măsurători	30 continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii Cojocari Al-dra
26	15.12.2011	Telenesti, Chițcanii Vechi	Nisip pentru construcție	148 ± 13%	6 ± 43%	Pa = 1000 t = 6 ⁰ C 67%	8 ore 16 măsurători	30 continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii Cojocari Al-dra

Total măsurători efectuate	296
----------------------------	-----

ANEXA 4. Date referitor la măsurătorile concentrației de radon în sursele de apă potabilă, prelevate de pe teritoriul Republicii Moldova

Tabelul A. 4. 1. Numărul măsurătorilor concentrației de radon în diverse surse de apă potabilă Bq/m³, prelevate pe teritoriul Republicii Moldova (aa. 2012 - 2014)

Nr/do	Data și anul	Localitatea efectuării măsurătorilor	Tipul sursei de apă (fântină, sondă arteziană, sursă de suprafață)	Parametrii de mediu sau factorii fizici (temperatura, umiditatea, Pa ;)	Perioada efectuării măsurătorilor (ore) și nr. de măsurători	Regimul de lucru al Radonometru-lui de tip RTM 1688-2 (minute)	Executorii măsurătorilor efectuate
1	29.03.2012	r-nul Orhei, Isacova	Sondă arteziană Nr 1	Pa = 980 t = 12,5 ⁰ C φ=73%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de sondă arteziană 3,5 ore – 7 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
2	30.03.2012	r-nul Orhei, Isacova	Sondă arteziană Nr 2	Pa = 975 t = 24,5 ⁰ C φ=90%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de sondă arteziană Nr 2 3,5 ore – 7 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
3	30.03.2012	r-nul Orhei, Isacova	Fântină	Pa = 976 t = 23,5 ⁰ C φ=91%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântână 3,5 ore – 7 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
4	02.04.2012	Or. Chișinău	Sursă de apă de suprafață - apeduct (r. Nistru)	Pa = 987 t = 23,5 ⁰ C φ=92%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de apeduct 4,5 ore – 9 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii

5	10.04.2012	or. Cricova	Sursă de apă potabilă minerală de sondă	Pa = 989 t = 22,5 ⁰ C φ=85%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de sondă 5,5 ore – 11 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisia
6	11.04.2012	Or. Chișinău	Sursă de apă de suprafață - apeduct (r. Nistru)	Pa = 986 t = 24,0C φ=81%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de apeduct 3,5 ore – 7 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisia
7	12.04.2012	Or. Chișinău	Sursă de apă de suprafață - apeduct (r. Nistru)	Pa = 983 t = 22,0C φ=91%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de apeduct 4,5 ore – 9 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisia
8	13.04.2012	Or. Chișinău	Sursă de apă de suprafață - apeduct (r. Nistru)	Pa = 983 t = 23,0C φ=88%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de apeduct 4,5 ore – 9 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisia
9	18.04.2012	Or. Chișinău, s Ghidighici	Sursă de apă de suprafață - apeduct (s. Ghidighici)	Pa = 983 t = 22,0C φ=88%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de apeduct 7,5 ore – 15 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisia
10	19.04.2012	Or. Chișinău	Sursă de apă potabilă plată	Pa = 971 t = 22,0C φ=95%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă potabilă, plată 6,5 ore – 13 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisia
11	20.04.2012	Or. Chișinău	Sursă de apă de suprafață - apeduct (r. Nistru)	Pa = 979 t = 22,0C φ=93%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de apeduct 6,5 ore – 13 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisia
12	24.04.2012	Or. Chișinău	Sursă de apă de suprafață - apeduct (r. Nistru)	Pa = 988 t = 25,0C φ=81%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de apeduct 5,5 ore – 11 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisia
13	25.04.2012	Or. Chișinău	Sursă de apă de suprafață - apeduct (r. Nistru)	Pa = 988 t = 24,5C φ=88%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de apeduct 6,5 ore – 13 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisia
14	27.04.2012	or. Orhei, Brănești	Sursă de apă potabilă minerală de sondă	Pa = 998 t = 28,0 ⁰ C	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de sondă	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisia

				$\varphi=84\%$	5,5 ore – 11 măsurători		
15	07.05.2012	or. Orhei, Cucuruzenii de Sus	Sursă de apă potabilă de sondă	Pa = 998 t = 28,0 ⁰ C $\varphi=75\%$	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de sondă 4,5 ore – 9 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
16	08.05.2012	or. Orhei, Cucuruzenii de Sus	Sursă de apă potabilă din fântina	Pa = 991 t = 26,0 ⁰ C $\varphi=98\%$	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântână 3,5 ore – 7 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
17	08.05.2012	or. Orhei, Cucuruzenii de Sus	Sursă de apă potabilă de sondă	Pa = 992 t = 27,0 ⁰ C $\varphi=94\%$	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de sondă 2,5 ore – 5 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
18	10.05.2012	mun. Chișinău, ASCOM Grup	Sursă de apă potabilă de izvor Nr 1	Pa = 1000 t = 29,0 ⁰ C $\varphi=89\%$	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de izvor 2,5 ore – 5 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
19	11.05.2012	mun. Chișinău, ASCOM Grup	Sursă de apă potabilă de izvor Nr 2	Pa = 998 t = 29,0 ⁰ C $\varphi=90\%$	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de izvor 2,5 ore – 5 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
20	14.05.2012	or. Cantemir,	Sursă de apă potabilă de Fîntînă Nr 1	Pa = 990 t = 27,0 ⁰ C $\varphi=96\%$	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântână 2,5 ore – 5 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
21	15.05.2012	or. Cantemir,	Sursă de apă potabilă de Fîntînă Nr 2	Pa = 990 t = 28,0 ⁰ C $\varphi=91\%$	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântână 2,5 ore – 5 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
22	22.05.2012	s. Morozeni, Orhei	Sursă de apă potabilă din sondă arteziană	Pa = 994 t = 33,5 ⁰ C $\varphi=81\%$	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântână 4,5 ore – 9 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
23	22.05.2012	s. Morozeni, Orhei	Sursă de apă potabilă de Fîntînă	Pa = 981 t = 36,0 ⁰ C $\varphi=69\%$	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântână 2,5 ore – 5 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii

24	23.05.2012	s.Curchi, Orhei	Sursă de apă potabilă de izvor	Pa = 985 t = 27,5 ⁰ C φ=92%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de izvor 4,5 ore – 9 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
25	23.05.2012	s. Morozeni, Orhei	Sursă de apă potabilă din sondă arteziană	Pa = 985 t = 27,5 ⁰ C φ=94%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântână 2,5 ore – 5 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
26	24.05.2012	s. Morozeni, Orhei	Sursă de apă potabilă de Fîntînă	Pa = 986 t = 26,5 ⁰ C φ=90%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântână 4,5 ore – 9 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
27	30.05.2012	Or. Lipcani	Sursă de apă de suprafață - (r. Prut)	Pa = 986 t = 27,0C φ=93%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de râu Prut 4,5 ore – 9 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
28	01.06.2012	Or. Cahul	Sursă de apă de suprafață - (r. Prut)	Pa = 989 t = 28,0C φ=87%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de râu Prut 2,5 ore – 5 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
29	07.06.2012	Or. Cantemir	Sursă de apă din sondă, apeduct	Pa = 989 t = 28,0C φ=87%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de apeduct 3,5 ore – 7 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
30	08.06.2012	Or. Cantemir	Sursă de apă din sondă, apeduct	Pa = 989 t = 30,0C φ=85%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de apeduct 3,5 ore – 7 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
31	08.06.2012	Or. Cantemir	Sursă de apă potabilă de fîntînă	Pa = 986 t = 26,5 ⁰ C φ=90%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântână 4,5 ore – 9 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
32	09.06.2012	Federatia Rusă	Sursă de apă potabilă îmbuteliată Gornaia	Pa = 988 t = 31,5 ⁰ C φ=81%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântână 8 ore – 16 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu Furtuna Denisii
33	11.07.2012	Or. Edineț	Sursă de apă potabilă de fîntînă	Pa = 992 t = 31,0 ⁰ C φ=89%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântână 4,5 ore – 9 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu

34	11.07.2012	Or. Edineț	Sursă de apă potabilă de fântână	Pa = 992 t = 31,0 ⁰ C φ=89%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântână 4,5 ore – 9 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
35	12.07.2012	Or. Edineț	Sursă de apă potabilă din sondă arteziană (apeduct)	Pa = 994 t = 30,5 ⁰ C φ=91%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântână 4,5 ore – 9 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
36	12.07.2012	Or. Edineț	Sursă de apă potabilă din sondă arteziană (apeduct)	Pa = 994 t = 30,5 ⁰ C φ=91%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântână 4,5 ore – 9 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
37	13.07.2012	Or. Drochia	Sursă de apă potabilă din sondă arteziană (apeduct)	Pa = 993 t = 30,0 ⁰ C φ=92%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântână 4,5 ore – 9 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
38	13.07.2012	Or. Drochia	Sursă de apă potabilă din sondă arteziană (apeduct)	Pa = 993 t = 30,0 ⁰ C φ=92%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântână 4,5 ore – 9 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
39	13.07.2012	Or. Drochia	Sursă de apă potabilă din fântână	Pa = 993 t = 29,0 ⁰ C φ=92%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântână 4,5 ore – 9 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
40	13.07.2012	Or. Drochia	Sursă de apă potabilă din fântână	Pa = 993 t = 29,0 ⁰ C φ=92%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântână 4,5 ore – 9 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
41	28.09.2012	Or. Ștefan- Vodă	Sursă de apă potabilă din fântână	Pa = 998 t = 25,0 ⁰ C φ=86%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântână 3,5 ore – 7 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
42	28.09.2012	Or. Ștefan- Vodă	Sursă de apă potabilă din fântână	Pa = 998 t = 25,0 ⁰ C φ=86%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântână 3,5 ore – 7 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
43	28.09.2012	Or. Ștefan- Vodă	Sursă de apă potabilă din sondă arteziană	Pa = 998 t = 25,0 ⁰ C φ=86%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de sondă 3,5 ore – 7 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu

44	28.09.2012	Or. Ștefan-Vodă	Sursă de apă potabilă din sondă arteziană	Pa = 998 t = 25,0 ⁰ C φ=86%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de sondă 3,5 ore – 7 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
Total a. 2012							373
345	09.04.2013	r-nul Telenești	Sursă de apă potabilă din sondă arteziană (150m)	Pa = 990 t = 23,0 ⁰ C φ=85%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de sondă 5 ore – 10 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
46	22.05.2013	r-nul Orhei	Sursă de apă potabilă din sondă arteziană	Pa = 985 t = 27,5 ⁰ C φ=94%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de sondă 7,5 ore – 15 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
47	30.05.2013	mun. Chișinău	Sursă de apă de suprafață - apeduct (r. Nistru)	Pa = 983 t = 23,0C φ=88%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de apeduct 7,5 ore – 15 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
48	12.07.2013	r-nul Ceadîr-Lunga	Sursă de apă potabilă din sondă arteziană (teritoriul spitalului)	Pa = 987 t = 32,5 ⁰ C φ=86%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de sondă 5,5 ore – 11 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
49	15.08.2013	r – nul Soroca	Sursă de apă potabilă din sondă arteziană (materie primă pentru apa minerală „Soroca”)	Pa = 996 t = 29,0 ⁰ C φ=96%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de sondă 5,5 ore – 11 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
50	15.08.2013	r – nul Soroca	Sursă de apă potabilă de izvor (sat. Cosăuți, Mănăstirea din Cosăuți)	Pa = 996 t = 30,0 ⁰ C φ=87%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de sondă 3,5 ore – 7 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
51	20.08.2013	r – nul Nisporeni	Sursă de apă potabilă din sondă arteziană (apeduct)	Pa = 994 t = 30,0 ⁰ C φ=88%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de sondă 3,5 ore – 7 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu

52	20.08.2013	r – nul Nisporeni	Sursă de apă potabilă din fântină de sondă	Pa = 994 t = 32,0 ⁰ C φ=85%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântină 3,5 ore – 7 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
53	13.09.2013	r- nul Reni	Sursă de apă potabilă din fântină de mină	Pa = 987 t = 25,5 ⁰ C φ=87%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântină 8 ore – 16 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
54	16.09.2013	r- nul Edineț	Sursă de apă potabilă din sondă arteziană	Pa = 985 t = 23,0 ⁰ C φ=90%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de sondă 3,5 ore – 7 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
55	16.09.2013	r- nul Edineț, sat. Cupcini	Sursă de apă potabilă din fântină de mină	Pa = 985 t = 23,5 ⁰ C φ=89%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de fântină 3,5 ore – 7 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
						Total a. 2013	113
56	23.04.2014	r- nul Cahul, sat. Colibași	Sursă de apă potabilă din sondă arteziană	Pa = 995 t = 22,5 ⁰ C φ=98%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de sondă 4,5 ore – 9 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
57	24.04.2014	r- nul Cantemir, sat. Gotești	Sursă de apă potabilă din fântină (mină)	Pa = 994 t = 25,5 ⁰ C φ=87%	Măsurători a concentrației de Rn ²²² în apă de sondă 4,5 ore – 9 măsurători	30 min. continuu	Vîrlan Sergiu
Total a. 2014							18
Total a.a. 2012-2014							504

Tabelul A. 2.2. Măsurătorile efectuate și concentrația de radon în diverse surse de apă potabilă, Bq/l

Nr/ do	Data și anul	Localitatea efectuării măsurătorilor	Tipul sursei de apă (fântină, sondă arteziană, sursă de suprafață)	Radon, Bq/ l	Executorii măsurătorilor efectuate
--------	--------------	--------------------------------------	--	--------------	------------------------------------

1	29.03.2012	r-nul Orhei, Isacova	Sondă arteziană Nr 1	2,699	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
2	30.03.2012	r-nul Orhei, Isacova	Sondă arteziană Nr 2	1,977	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
3	30.03.2012	r-nul Orhei, Isacova	Fîntînă	1,865	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
4	02.04.2012	Or. Chişinău	apă de suprafaţă - apeduct (r. Nistru)	0,174	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
5	10.04.2012	or. Cricova	apă potabilă minerală de sondă arteziană	1,510	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
6	11.04.2012	Or. Chişinău	apă de suprafaţă - apeduct (r. Nistru)	0,431	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
7	12.04.2012	Or. Chişinău	apă de suprafaţă - apeduct (r. Nistru)	0,103	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
8	13.04.2012	Or. Chişinău	apă de suprafaţă - apeduct (r. Nistru)	0,106	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
9	18.04.2012	Or. Chişinău, s. Ghidighici	apă de suprafaţă - apeduct (s. Ghidighici)	0,165	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
10	19.04.2012	Or. Chişinău	apă potabilă, plată îmbuteliată	0,082	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
11	20.04.2012	Or. Chişinău	apă de suprafaţă - apeduct (r. Nistru)	0,165	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
12	24.04.2012	Or. Chişinău	apă de suprafaţă - apeduct (r. Nistru)	0,204	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
13	25.04.2012	Or. Chişinău	apă de suprafaţă - apeduct (r. Nistru)	0,102	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
14	27.04.2012	or. Orhei, Brăneşti	apă potabilă minerală de sondă arteziană	1,807	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
15	07.05.2012	or. Orhei, Cucuruzenii de Sus	Sursă de apă potabilă de sondă arteziană	0,873	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
16	08.05.2012	or. Orhei, Cucuruzenii de Sus	Sursă de apă potabilă de fîntînă	5,590	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
17	08.05.2012	or. Orhei, Cucuruzenii de Sus	Sursă de apă potabilă de sondă arteziană	1,936	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
18	10.05.2012	mun. Chişinău, ASCOM Grup	Sursă de apă potabilă de izvor Nr 1	4,857	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
19	11.05.2012	mun. Chişinău, ASCOM Grup	Sursă de apă potabilă de izvor Nr 2	7,729	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
20	14.05.2012	or. Cantemir	Sursă de apă potabilă de fîntînă Nr 1	0,977	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
21	15.05.2012	or. Cantemir	Sursă de apă potabilă de fîntînă Nr 2	0,447	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
22	22.05.2012	or. Orhei, s. Morozeni	Sursă de apă potabilă de sondă arteziană	3,269	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
23	22.05.2012	or. Orhei, s. Morozeni	Sursă de apă potabilă de fîntînă	1,372	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
24	23.05.2012	or. Orhei, s. Curchi	Sursă de apă potabilă de izvor	5,449	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
25	23.05.2012	or. Orhei, s. Morozeni	Sursă de apă potabilă de sondă arteziană	4,072	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
26	24.05.2012	or. Orhei, s. Morozeni	Sursă de apă potabilă de fîntînă, Nr. 2	2,486	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
27	30.05.2012	Or. Lipcani	Sursă de apă de suprafaţă - (r. Nistru)	0,192	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
28	01.06.2012	Or. Cahul	Sursă de apă de suprafaţă - (r. Nistru)	0,094	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
29	07.06.2012	Or. Cantemir	apă potabilă din sondă arteziană, apeduct	1,680	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
30	08.06.2012	Or. Cantemir	apă potabilă din sondă arteziană, apeduct	1,670	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii
31	08.06.2012	Or. Cantemir	Sursă de apă potabilă de fîntînă	2,486	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denirii

32	09.06.2012	Federatia Rusă	apă potabilă îmbuteliată Gornaia	0,110	Vîrlan Sergiu
33	11.07.2012	Or. Edineț	Sursă de apă potabilă de fîntînă	6,341	Vîrlan Sergiu
34	11.07.2012	Or. Edineț	Sursă de apă potabilă de fîntînă	5,024	Vîrlan Sergiu
35	11.07.2012	Or. Edineț	apă potabilă din sondă arteziană(apeduct)	4,897	Vîrlan Sergiu
36	11.07.2012	Or. Edineț	apă potabilă din sondă arteziană(apeduct)	4,526	Vîrlan Sergiu
37	12.07.2012	Or. Drochia	apă potabilă din sondă arteziană(apeduct)	3,007	Vîrlan Sergiu
38	12.07.2012	Or. Drochia	apă potabilă din sondă arteziană(apeduct)	3,507	Vîrlan Sergiu
39	13.07.2012	Or. Drochia	Sursă de apă potabilă din fîntînă	1,797	Vîrlan Sergiu
40	13.07.2012	Or. Drochia	Sursă de apă potabilă din fîntînă	1,931	Vîrlan Sergiu
41	28.09.2012	Or. Ștefan – Vodă	Sursă de apă potabilă din fîntînă	10,97	Vîrlan Sergiu
42	28.09.2012	Or. Ștefan – Vodă	Sursă de apă potabilă din fîntînă	11,38	Vîrlan Sergiu
43	28.09.2012	Or. Ștefan – Vodă	apă potabilă din sondă arteziană(apeduct)	7,08	Vîrlan Sergiu
44	28.09.2012	Or. Ștefan – Vodă	apă potabilă din sondă arteziană(apeduct)	8,96	Vîrlan Sergiu
45	09.04.2013	r-nul Telenești sat. Căzănești	apă potabilă din sondă arteziană (150 m)	0,501	Vîrlan Sergiu
46	22.05.2013	r-nul Orhei	apă potabilă din sondă arteziană (150 m)	3,273	Vîrlan Sergiu
47	30.05.2013	mun. Chișinău	apă potabilă de suprafață - apeduct (r. Nistru)	0,208	Vîrlan Sergiu, Furtuna Denisii
48	12.07.2013	r-nul Ceadîr – Lunga	apă potabilă din sondă arteziană	0,626	Vîrlan Sergiu
49	15.08.2013	r – nul Soroca	apă potabilă din sondă arteziană (materie primă pentru apa minerală „Soroca”)	0,859	Vîrlan Sergiu
50	15.08.2013	r – nul Soroca	apă potabilă de izvor	6,648	Vîrlan Sergiu
51	20.08.2013	r – nul Nisporeni	apă potabilă de sondă arteziană (apeduct)	0,873	Vîrlan Sergiu
52	20.08.2013	r – nul Nisporeni	Sursă de apă potabilă de fîntînă	1,508	Vîrlan Sergiu
53	13.09.2013	r- nul Reni	Sursă de apă potabilă din fîntînă de mină	0,059	Vîrlan Sergiu
54	16.09.2013	r- nul Edineț	Sursă de apă potabilă din sondă arteziană	1,855	Vîrlan Sergiu
55	16.09.2013	r- nul Edineț, sat. Cupcini	Sursă de apă potabilă din fîntînă de mină	1,141	Vîrlan Sergiu
56	23.04.2014	r- nul Cahul, sat. Colibași	Sursă de apă potabilă din sondă arteziană	0,277	Vîrlan Sergiu
57	24.04.2014	r- nul Cantemir, sat. Gotești	Sursă de apă potabilă din fîntînă (mină)	1,590	Vîrlan Sergiu
Total măsurători efectuate					504

Anexa 5. Date referitor la stabilirea concentrației de radon în aerul din interiorul locuințelor de pe teritoriul Republicii Moldova (aa. 2011 - 2015)

Tabelul A.5.1. Durata efectuării și numărul măsurătorilor concentrației de radon în aerul de interior (n = 1787)

Nr	Data, luna și anul	Localitatea efectuării măsurătorilor	Tipul locuinței și a materialelor de construcție din care este construită, tipul fundamentului	Rezultatele măsurătorilor		Parametrii mediului/factorii fizici: Pa, temperatura, umiditatea	Durata efectuării măsurătorilor, ore	Număr măsurători	Regimul de lucru al Radonometrului, minute	Executorii
				Radon, Bq/m ³	Toron, Bq/m ³					
1	01.02. 2011	CNSP, CRP, et.7, camera pentru baie.	N/A	68 ± 6%	BDL	Pa = 1002 t = 20,5 ⁰ C φ=28%	9,44	13	45	Vîrlan S. Furtuna D.
2	01.02. 2011	CNSP, depozit de bunuri materiale, demisol	N/A	431 ± 2%	5 ± 35%	Pa = 1001 t = 23 ⁰ C φ=19%	18	18	60	Vîrlan S. Furtuna D.
3	08.02. 2011	CNSP, camera pentru electrici, demisol	N/A	246 ± 3%	5 ± 41%	Pa = 990 t = 22,5 ⁰ C φ=29%	18	9	120	Vîrlan S. Furtuna D.

4	10.02. 2011	CNSP, depozitul național de vaccinuri, demisol	N/A	29 ± 2%	5 ± 18%	Pa = 980 t = 20,5 ⁰ C φ=26%	5	5	60	Vîrlan S. Furtuna D.
5	18.02. 2011	CNSP, biroul de multiplicare, demisol	N/A	44 ± 13%	5 ± 43%	Pa = 1000 t = 20 ⁰ C φ=20%	6	6	60	Vîrlan S. Furtuna D.
6	19.02. 2011	CNSP, Cabinetul sefului de garaj, demisol	N/A	26 ± 9%	8 ± 25%	Pa = 1001 t = 17 ⁰ C φ=20%	15	15	60	Vîrlan S. Furtuna D.
7	28.02. 2011	Mun. Chișinău, str. Dumitriu, 27; Apartament, et.1	N/A	50 ± 10%	15 ± 22%	Pa = 1003 t = 19,5 ⁰ C φ=21%	10	10	60	Vîrlan S. Furtuna D.
8	02.03. 2011	Mun. Chișinău, str. Columna 105. Apartament.	N/A	194 ± 3.6%	7 ± 46%	Pa = 998 t = 19,5 ⁰ C φ=20%	18	9	120	Vîrlan S. Furtuna D.
9	25.03. 2011	Mun. Chișinău str. Studenților 7/1 cămin, subsol,		21 ± 10%	7 ± 29%	Pa = 998 t = 19,5 ⁰ C	8	4	120	Vîrlan S. Furtuna D.

		camera pentru baie	N/A			$\varphi=40\%$				
10	27.09.2012	Or. Ștefan-Vodă	Casă de locuit cu un nivel – blocuri din zgură-cheramzită, str. V. Alecsandri 28/a	75 $\pm 15\%$	-	Pa = 1000 t = 23,0 ⁰ C $\varphi=64\%$	3,5	7	30	Vîrlan S.
11	27.09.2012	Or. Ștefan-Vodă	Casă de locuit cu un nivel – blocuri din zgură-cheramzită, fără fundament, podea de lemn fisurată str. Livezilor 128	480 $\pm 10\%$	35	Pa = 999 t = 23,0 ⁰ C $\varphi=67\%$	5	10	30	Vîrlan S.
12	27.09.2012	Mun. Chișinău	Ap. 19, etajul 3 – blocuri din beton, str. Vl. Korolenko 61/3	30 $\pm 15\%$	-	Pa = 999 t = 23,0 ⁰ C $\varphi=67\%$	5	10	30	Vîrlan S.
Anul 2013										
13	05.02.2013	Or. Ungheni	Birou, et 1 or. Ungheni, Blocuri din beton armat perioada rece a anului	68 $\pm 31\%$	-	Pa = 999 t = 20,0 C $\varphi=35\%$	1,5	3	30	Ursulean I. Apostol I.
14	05.02.2013	Or. Ungheni	Birou, et 1 or. Ungheni, Blocuri din beton armat perioada rece a anului	36 $\pm 41\%$	-	Pa = 997 t = 23,0 C	1,5	3	30	Ursulean I. Apostol I.

						$\varphi=35\%$				
15	05.02. 2013	Or. Ungheni	Birou, et 1 or. Ungheni, Blocuri din beton armat perioada rece a anului	30 ± 45	-	Pa = 996 t = 21,5 C $\varphi=38\%$	1,5	3	30	Ursulean I. Apostol I.
16	08.02. 2013	Mun. Chişinău	Birou, et. 7 CNSP, blocuri din beton, str. Gh. Asachi 67/a, perioada rece a anului	31 $\pm 8\%$	2 $\pm 85\%$	Pa = 979 t = 26,5 C $\varphi=35\%$	16,5	33	30	Vîrlan S.
17	14.02. 2013	Mun. Chişinău	Casă locativă 16 et. str. Bucureşti 90, et 1 încăpere pentru oficiu, beton armat şi cărămidă, perioada rece a anului	96 $\pm 35\%$	12 $\pm 23\%$	Pa = 1016 t = 20,0 C $\varphi = 28\%$	1,5	3	30	Vîrlan S. Ursulean I.
18	14.02. 2013	Mun. Chişinău	Casă locativă 16 et. str. Bucureşti 90, et 1 oficiu notarial(funcţ. al), beton armat şi cărămidă, perioada rece a anului	90 $\pm 37\%$	58 $\pm 78\%$	Pa = 1016 t = 22,0 C $\varphi = 47\%$	1,5	3	30	Vîrlan S. Ursulean I.
19	14.02. 2013	Mun. Chişinău	Casă locativă 16 et. str. Bucureşti 90, et 5 Apartament, beton armat şi cărămidă, perioada rece a anului	70 $\pm 37\%$	23 $\pm 41\%$	Pa = 1014 t = 16,0 C $\varphi = 32\%$	1,5	3	30	Vîrlan S. Ursulean I.

20	14.02. 2013	Mun. Chișinău	Casă locativă 16 et. str. București 90, subsolul, parcare subterană, beton armat și cărămidă, perioada rece a anului	150 ± 27%	29 ± 35%	Pa = 1016 t = 13,5 C φ = 53%	1,5	3	30	Vîrlan S. Ursulean I.
21	15.02. 2013	Mun. Chișinău	Casă locativă 5 et. str. Grenoble, subsolul, parcare subterană, beton armat și cărămidă, perioada rece a anului	150 ± 27%	29 ± 35%	Pa = 1016 t = 13,5 C φ = 53%	1,5	3	30	Vîrlan S. Ursulean I.
22	26.02. 2013	Or. Codru, Mun. Chișinău	Casă locativă individuală cu un nivel, str. Molocanilor 1, coteleț cu fortan și ciment, Dormitor, perioada rece a anului	194 ± 4%	8 ± 10%	Pa = 1004 t = 23,5 C φ = 62%	11,5 expoziția: 2226 Bq/m ³	23	30	Vîrlan S.
23	28.02. 2013	Or. Codru, Mun. Chișinău	Casă locativă individuală cu un nivel, str. Molocanilor 1, coteleț cu fortan și ciment, subsolul casei, perioada rece a anului	226 ± 2%	115 ± 5%	Pa = 1004 t = 15,5 C φ = 55%	29,5 expoziția: 6656 Bq/m ³	59	30	Vîrlan S.
24	01.03. 2013	Or. Codru, Mun. Chișinău	Casă locativă individuală cu un nivel, str. Molocanilor 1, coteleț cu fortan și ciment, dormitor pentru copii, perioada	241 ± 3%	11 ± 41%	Pa = 1000 t = 22,0 C φ = 68%	14,5 expoziția: 3490 Bq/m ³	29	30	Vîrlan S.

			rece a anului							
25	02.03. 2013	Or. Codru, Mun. Chișinău	Casă locativă individuală cu un nivel, str. Molocanilor 1, coteleț cu fortan și ciment, bucătăria, perioada rece a anului	437 $\pm 2\%$	6 $\pm 64\%$	Pa = 990 t = 22,5 C $\varphi = 64\%$	31 expoziția: 13552 Bq/m ³	62	30	Vîrlan S.
26	10.03. 2013	Comuna Băcioi, Mun. Chișinău	Casă locativă individuală cu un nivel, str. Lemnarilor 1/a, coteleț cu ciment, dormitor, perioada rece a anului	350 $\pm 13\%$	61 $\pm 62\%$	Pa = 991 t = 8,0 C $\varphi = 83\%$	13 expoziția: 3161 Bq/m ³	26	30	Vîrlan S.
27	12.03. 2013	Mun. Chișinău	Casă locativă individuală cu 2 etaje, str. Al. Cozmescu 47, coteleț cu ciment, Demisol, perioada rece a anului	263 $\pm 15\%$	–	Pa = 991 t = 15,0 C $\varphi = 54\%$	5 expoziția: 526 Bq/m ³	10	30	Vîrlan S. Apostol I.
28	12.03. 2013	Mun. Chișinău	Casă locativă individuală cu 2 etaje, str. Al. Cozmescu 47, coteleț cu ciment, Dormitor, et 1, perioada rece a anului	357 $\pm 7\%$	–	Pa = 990 t = 21,0 C $\varphi = 63\%$	2,5 expoziția: 714 Bq/m ³	5	30	Vîrlan S. Apostol I.

29	12.03. 2013	Mun. Chișinău	Casă locativă individuală cu 2 etaje, str. Al. Cozmescu 47, coteleț cu ciment, Dormitor, et. 2, perioada rece a anului	294 ± 6%	19 ± 77%	Pa = 990 t = 23,0 C φ = 54%	3,5 expoziția: 733 Bq/m ³	7	30	Vîrlan S. Apostol I.
30	13.03. 2013	Mun. Chișinău	Casă locativă de tip bloc cu 9 etaje, str. A. Russo 18/1, blocuri din beton armat, apartament, Dormitor, et. 6, perioada rece a anului	92 ± 27%	32 ± 68%	Pa = 980 t = 24,5 C φ = 35%	18 expoziția: 214 Bq/m ³	36	30	Vîrlan S.
31	09.04. 2013	R-I Telenești, sat. Căzănești	Casă locativă individuală cu un nivel, str. Bisericii 1, coteleț din argilă cu paie, dormitor	170 ± 19%	73 ± 42%	Pa = 1000 t = 19,5 C φ = 63%	1,5 expoziția: 186 Bq/m ³	3	30	Apostol I.
32	09.04. 2013	R-I Telenești, sat. Căzănești	Casă locativă individuală cu un nivel, str. Bisericii 2, coteleț cu ciment, salon	54 ± 33%	11 ± 72%	Pa = 1002 t = 20,5 C φ = 69%	1,5 expoziția: 56 Bq/m ³	3	30	Apostol I.
33	09.04. 2013	R-I Telenești, sat. Căzănești	Casă locativă individuală cu un nivel, str. Bisericii 2, piatră brută cu ciment, subsol (beciul)	285 ± 15%	28 ± 96%	Pa = 1004 t = 15,0 C φ = 61%	1,5 expoziția: 297 Bq/m ³	3	30	Apostol I.

34	09.04. 2013	R-l Telenești, sat. Căzănești	Casă locativă individuală cu un nivel, str. Bisericii 3, coteleț cu ciment, dormitor	65 ± 31%	11 ± 72%	Pa = 1004 t = 15,0 C φ = 65%	1,5 expoziția: 56 Bq/m ³	3	30	Apostol I.
35	02.07. 2013	R-l Orhei, sat. Isacova	Casă locativă individuală cu un nivel, coteleț cu ciment, fără fundament, cu pardoseala de lemn cu fisuri, dormitor	192 ± 18%	16 ± 62%	Pa = 990 t = 23,0 C φ = 57%	8,0 expoziția: 823 Bq/m ³	16	30	Vîrlan S.
36	03.07. 2013	R-l Orhei, sat. Isacova	Casă locativă individuală cu un nivel, coteleț cu ciment, fără fundament, cu pardoseala ciment, camera pentru oaspeți	377 ± 13%	33 ± 81%	Pa = 991 t = 21,5 C φ = 63%	12,0 expoziția: 1866 Bq/m ³	24	30	Vîrlan S.
37	04.07. 2013	R-l Orhei, sat. Isacova	Casă locativă individuală cu un nivel, coteleț cu ciment, fără fundament, cu pardoseala din lemn cu fisuri, dormitor 2	343 ± 13%	27 ± 78%	Pa = 991 t = 22,0 C φ = 67%	12,5 expoziția: 2914 Bq/m ³	25	30	Vîrlan S.
38	04.07. 2013	R-l Orhei, sat. Isacova	Casă locativă individuală cu un nivel, coteleț cu ciment, fără fundament, cu pardoseala ciment, antreu sau coridor	301 ± 14%	26 ± 79%	Pa = 992 t = 22,0 C φ = 67%	11,5 expoziția: 1467 Bq/m ³	23	30	Vîrlan S.
39	05.07.	R-l Orhei, sat.	Casă locativă individuală cu un nivel, coteleț cu	395	32	Pa = 992	8,5	17	30	Vîrlan S.

	2013	Neculăieuca	ciment, fără fundament, cu pardoseala de ciment cu laminat, dormitor	$\pm 12\%$	$\pm 81\%$	$t = 22,5\text{ C}$ $\varphi = 69\%$	expoziția: 908 Bq/m^3			
40	05.- 06.07. 2013	R-l Orhei, sat. Isacova	Casă locativă individuală de tip vechi, cu un nivel, coteleț din argilă cu paie cu argilă, fără fundament, cu pardoseala din lemn cu fisuri, dormitor	345 $\pm 13\%$	39 $\pm 72\%$	$Pa = 994$ $t = 24,0\text{ C}$ $\varphi = 68\%$	12,5 expoziția: 2433 Bq/m^3	25	30	Vîrlan S.
41	06.07. 2013	R-l Orhei, sat. Isacova	Casă locativă individuală cu un nivel, coteleț cu ciment, fără fundament, cu pardoseala din lemn cu fisuri, subsolul casei (beciul)	717 $\pm 10\%$	276 $\pm 25\%$	$Pa = 995$ $t = 18,5\text{ C}$ $\varphi = 82\%$	11,5 expoziția: 5094 Bq/m^3	23	30	Vîrlan S.
42	26.07 – 29.07. 2013	Mun. Chișinău	Birouri de muncă, et 3 al departamentului Situații Excepționale și Protecție Civilă, str. Gh. Asachi 69, construcție din panuri sandwich...	71 $\pm 6\%$	11 $\pm 65\%$	$Pa = 992$ $t = 31,0\text{ C}$ $\varphi = 43\%$	65,5 expoziția: 1089 Bq/m^3	131	30	Vîrlan S.
43	05.08. 2013	Mun. Chișinău	Apartament nr. 5, et. 1 bloc locativ, în complex cu obiective de menire social – culturală și garaje, stradela Protoireu	45 $\pm 20\%$	11 $\pm 65\%$	$Pa = 992$ $t = 31,0\text{ C}$ $\varphi = 43\%$	3,5	7	30	Vîrlan S. Ursulean I.

			Mihai berezovschi, 14 (sect. Centru).							
44	05.08. 2013	Mun. Chișinău	Coridorul sau antreul scării blocului locativ et. 1, stradela Protoireu Mihai berezovschi, 14 (sect. Centru).	35 ± 21%	15 ± 72%	Pa = 992 t = 31,0 C φ = 43%	1,5	3	30	Vîrlan S. Ursulean I.
45	05.08. 2013	Mun. Chișinău	Apartament nr 9 bloc locativ et. 2, stradela Protoireu Mihai berezovschi, 14 (sect. Centru).	36 ± 21%	15 ± 72%	Pa = 992 t = 31,0 C φ = 43%	1,5	3	30	Vîrlan S. Ursulean I.
46	06.08. 2013	R-l Ungheni	Grădinița creșă „Guguță”, sala de joc, et 1	96 ± 26%	9 ± 72%	Pa = 997 t = 26,5 C φ = 55%	1,5	3	30	Vîrlan S. Ursulean I.
47	06.08. 2013	R-l Ungheni	Liceul Teoretic, sala de studii et. 1	48 ± 35%	7 ± 83%	Pa = 1010 t = 29,5 C φ = 50%	1,5	3	30	Vîrlan S. Ursulean I.
48	06.08. 2013	R-l Ungheni	Liceul Teoretic, sala de studii et. 2	26 ± 52%	-	Pa = 1010 t = 29,0 C	1,5	3	30	Vîrlan S. Ursulean I.

						$\varphi = 59\%$				
49	07.08. 2013	R-l Ungheni	Casă locativă individuală cu un nivel, et. 1	101 $\pm 15\%$	17 $\pm 33\%$	Pa = 998 t = 28,0 C $\varphi = 60\%$	1,5	3	30	Vîrlan S. Ursulean I.
50	07.08. 2013	R-l Ungheni	CSP Sala de ședințe, demisol	74 $\pm 22\%$	13 $\pm 45\%$	Pa = 998 t = 27,0 C $\varphi = 64\%$	1,5	3	30	Vîrlan S. Ursulean I.
51	13.08. 2013	R-l Soroca	Casă individuală cu un nivel, demisol, str. Huturuluncilor 2 (Soroca nouă). Perioada caldă a anului	104 $\pm 18\%$	8 $\pm 72\%$	Pa = 1006 t = 28,0 C $\varphi = 57\%$	3,5	7	30	Vîrlan S.
52	13.08. 2013	R-l Soroca	Casă individuală cu un nivel, dormitor, str. Huturuluncilor 2 (Soroca nouă). Perioada caldă a anului	35 $\pm 23\%$	4 $\pm 83\%$	Pa = 998 t = 29,0 C $\varphi = 65\%$	3,5	7	30	Vîrlan S.
53	14.08. 2013	R-l Soroca	Casă individuală cu un nivel, bucătăria, str. Huturuluncilor 2 (Soroca nouă). Perioada caldă a anului	46 $\pm 21\%$	6 $\pm 74\%$	Pa = 998 t = 29,0 C $\varphi = 67\%$	3,5	7	30	Vîrlan S.

54	14.08. 2013	R-l Soroca	Casă individuală cu un nivel, bucătăriaaala pentru oaspeți, (Soroca nouă). Perioada caldă a anului	57 ± 19%	9 ± 68%	Pa = 998 t = 29,0 C φ = 61%	3,5	7	30	Vîrlan S.
55	30.11. 2013	Mun. Chișinău	Apartament nr 14 bloc locativ et. 1, str. Lomonosov 61/9, Bucătăria (sect. Telecentru). Perioada rece a anului	170 ± 19%	29 ± 78%	Pa = 998 t = 25,5 C φ = 41%	12,5	25	30	Vîrlan S.
56	30.11. 2013	Mun. Chișinău	Apartament nr 13 bloc locativ et. 1, str. Lomonosov 61/9, Bucătăria (sect. Telecentru). Perioada rece a anului	155 ± 20%	21 ± 75%	Pa = 999 t = 25,5 C φ = 39%	8,5	17	30	Vîrlan S.
57	01.12. 2013	Mun. Chișinău	Apartament nr 14 bloc locativ et. 1, str. Lomonosov 61/9, DORMITOR (sect. Telecentru). Perioada rece a anului	174 ± 19%	47 ± 62%	Pa = 1004 t = 25,5 C φ = 41%	9,5	19	30	Vîrlan S.
58	01.12. 2013	Mun. Chișinău	Apartament nr 13 bloc locativ et. 1, str. Lomonosov 61/9, DORMITOR (sect. Telecentru). Perioada rece	180 ± 18%	43 ± 59%	Pa = 1002 t = 26,0 C φ = 40%	9,5	19	30	Vîrlan S.

			a anului							
59	27.12.2013	Mun. Chișinău	Bloc administrativ, bd. Dacia, 80/3 (Aeroport). încăpere pentru oficiu – director general, et. 3 Perioada rece a anului	49 ± 23%	22 ± 67%	Pa = 1002 t = 22,0 C φ = 40%	1,5	3	30	Vîrlan S.
60	27.12.2013	Mun. Chișinău	Bloc administrativ, bd. Dacia, 80/3 (Aeroport). încăpere pentru oficiu – director adjunct, et. 3 Perioada rece a anului	35 ± 29%	27 ± 76%	Pa = 1002 t = 22,5 C φ = 40%	1,5	3	30	Vîrlan S.
61	27.12.2013	Mun. Chișinău	Bloc administrativ, bd. Dacia, 80/3 (Aeroport). încăpere pentru oficiu – director adjunct, et. 3 Perioada rece a anului	48 ± 24%	23 ± 67%	Pa = 1002 t = 23,0 C φ = 40%	1,5	3	30	Vîrlan S.
Anul 2014										
62	23.04.2014	R-l. Cantemir, sat. Gotești	Dormitor, demisol Perioada caldă a anului	291 ± 14%	BDL	Pa = 1015 t = 20,0 C φ = 64%	11	21	30	Vîrlan S.
63	16.05.2014	Mun. Chișinău	Casă de locuit tip bloc, din blocuri de beton bd. Moscovei 5/7 et. 6 din 9,	38 ± 44%	BDL	Pa = 998 t = 21,0 C	2,5	5	30	Plavan I.

			bucătăria			$\varphi = 77\%$				
			Perioada caldă a anului							
64	16.05. 2014	Mun. Chişinău	Casă de locuit tip bloc, din coteleţ str. Academiei 4 et. 5, bucătăria	30 $\pm 45\%$	BDL	Pa = 990 t = 24,5 C $\varphi = 63\%$	3,5	7	30	Plavan I.
			Perioada caldă a anului							
65	20.05. 2014	R-l. Căuşeni	Grădiniţa de copii Nr. 7 cu 2 et, et. 1 debaraua	78 $\pm 28\%$	BDL	Pa = 1016 t = 22,5 C $\varphi = 65\%$	3,5	7	30	Plavan I.
			Perioada caldă a anului							
66	23.05. 2014	R-l. Leova, sat. Sărăţica Nouă	Gimnaziu et. 1, depozitul pentru produsele alimentare, construcţie de tip vechi	210 $\pm 17\%$	34 $\pm 77\%$	Pa = 1004 t = 23,0 C $\varphi = 66\%$	3	6	30	Coreţchi L.
			Perioada caldă a anului							
67	23.05. 2014	R-l. Leova, sat. Sărăţica Nouă	Grădiniţa et. 1, casă din coteleţ de tip vechi, Bucătăria.	132 $\pm 21\%$	15 $\pm 89\%$	Pa = 1003 t = 22,0 C $\varphi = 78\%$	2,5	5	30	Coreţchi L.
			Perioada caldă a anului							
68	23.05. 2014	R-l. Leova, sat. Sărăţica Nouă	Casă individuală et. 1, dormitor	126 $\pm 22\%$	32 $\pm 71\%$	Pa = 1003 t = 22,5 C $\varphi = 65\%$	9,5	19	30	Coreţchi L.
			Perioada caldă a anului							

69	24.05. 2014	R-l. Leova, sat. Sărățica Nouă	Beciul casei individuale, casă din cotileț de tip vechi. Perioada caldă a anului	469 $\pm 12\%$	239 $\pm 26\%$	Pa = 1004 t = 19,0 C $\varphi = 69\%$	3,5	7	30	Corețchi L.
70	24.05. 2014	R-l. Leova, sat. Sărățica Nouă	Casă individuală, dormitor, casă din cotileț, de tip vechi. Perioada caldă a anului	166 $\pm 21\%$	49 $\pm 59\%$	Pa = 1004 t = 21,0 C $\varphi = 67\%$	5	10	30	Corețchi L.
71	24.05. 2014	R-l. Leova, sat. Cîmpu Drept	Casă individuală, et. 1, dormitor, casă din cotileț de tip vechi. Perioada caldă a anului	83 $\pm 35\%$	45 $\pm 57\%$	Pa = 1007 t = 22,0 C $\varphi = 70\%$	2,5	5	30	Corețchi L.
72	25.05. 2014	R-l. Leova, sat. Cîmpu Drept	Beciul casei individuale, casă din cotileț de tip vechi. Perioada caldă a anului	331 $\pm 14\%$	113 $\pm 40\%$	Pa = 1009 t = 17,0 C $\varphi = 76\%$	7	14	30	Corețchi L.
73	26.05. 2014	R-l. Criuleni	Grădinița „Mesteacănul” str. Donici, construcție de tip vechi din cotileț. Perioada caldă a anului	196 $\pm 18\%$	18 $\pm 67\%$	Pa = 1009 t = 26,0 C $\varphi = 65\%$	3	6	30	Plavan I.
74	26.05. 2014	R-l. Criuleni	Casă individuală, et. 1, construcție de tip vechi din cotileț. Perioada caldă	100 $\pm 27\%$	29 $\pm 79\%$	Pa = 1007 t = 27,0 C	3	6	30	Plavan I.

			a anului			$\varphi = 68\%$				
75	27.05. 2014	R-l. Ialoveni	Liceul teoretic, str. Basarabia1, et. 1, Sala de spălat vase. Perioada caldă a anului	36 $\pm 47\%$	20 $\pm 92\%$	Pa = 1001 t = 25,5 C $\varphi = 77\%$	3	6	30	Căpățînă A.
76	27.05. 2014	R-l. Ialoveni	Grădinița nr 5, str. Basarabia1, et. 1, depozit. Perioada caldă a anului	60 $\pm 32\%$	9 $\pm 99\%$	Pa = 999 t = 23,0 C $\varphi = 70\%$	3	6	30	Căpățînă A.
77	30.05. 2014	Mun. Chișinău	Casă locativă, str. Lomonosov 61/9, et. 1 din 6, camera de baie,. Perioada caldă a anului	108 $\pm 24\%$	14 $\pm 99\%$	Pa = 988 t = 27,5 C $\varphi = 60\%$	3	6	30	Vîrlan S.
78	30.05. 2014	Mun. Chișinău	Casă locativă, str. Malina Mică 11/10, demisolul, oficiu de cusătorie, Perioada caldă a anului	622 $\pm 10\%$	34 $\pm 87\%$	Pa = 987 t = 23,5 C $\varphi = 69\%$	5,5	11	30	Vîrlan S.
79	31.05. 2014 01.06. 2014	Mun. Chișinău	Casă locativă, str. Testemițanu 19/1, et. 1-parter, din 11, dormitor. Perioada caldă a anului	126 $\pm 22\%$	15 $\pm 99\%$	Pa = 985 t = 26,5 C $\varphi = 64\%$	32,5	65	30	Vîrlan S.

80	11.06. 2014	Mun. Bălți	Casă locativă, str. Bulgară 19/5, et. 1 din 5, Perioada caldă a anului	96 ± 25%	12 ± 87%	Pa = 997 t = 25,5 C φ = 64%	3	6	30	Vîrlan S.
81	11.06. 2014	Mun. Bălți	Casă locativă, str. Ștefan cel Mare 128, parter Perioada caldă a anului	18 ± 58%	11 ± 87%	Pa = 100 t = 22,0 C φ = 71%	5	10	30	Vîrlan S.
82	12.06. 2014	Mun. Bălți	Casă locativă, str. A. Pușkin 38, parter, dormitor Perioada caldă a anului	114 ± 23%	33 ± 78%	Pa = 995 t = 27,5 C φ = 62%	2,5	5	30	Vîrlan S.
83	12.06. 2014	Mun. Bălți	Casă locativă, str. Bulgară 19/3, tip bloc, parter, dormitor Perioada caldă a anului	90 ± 26%	12 ± 93%	Pa = 994 t = 26,5 C φ = 64%	3	6	30	Vîrlan S.
84	16.06. 2014	R-l Ialoveni, sat. Zîmbreni	Grădinița, depozitul nr 2, parter, Perioada caldă a anului	108 ± 24%	47 ± 64%	Pa = 1008 t = 23,5 C φ = 64%	3	6	30	Căpățînă A.
85	16.06. 2014	R-l Ialoveni, sat. Zîmbreni	Liceul teoretic, parter, Perioada caldă a anului	42 ± 38%	10 ± 98%	Pa = 1003 t = 25 C	2	4	30	Căpățînă A.

						$\varphi = 57\%$				
86	16.06. 2014	R-l Ialoveni, sat. Ruseștii Noi	Casă individuală de tip vechi, parter, dormitor Perioada caldă a anului	245 $\pm 16\%$	17 $\pm 88\%$	Pa = 1001 t = 24C $\varphi = 62\%$	2,5	5	30	Căpățînă A.
87	17.06. 2014	R-l Ialoveni, sat. Horăști	Grădiniță Creșă, parter, depozit Perioada caldă a anului	92 $\pm 27\%$	14 $\pm 88\%$	Pa = 1008 t = 22 C $\varphi = 73\%$	2	4	30	Căpățînă A.
88	17.06. 2014	R-l Ialoveni, sat. Horăști	Liceul teoretic, cabinet educație tehnologică, demisol Perioada caldă a anului	427 $\pm 12\%$	39 $\pm 67\%$	Pa = 1007 t = 23 C $\varphi = 69\%$	3	6	30	Căpățînă A.
89	17.06. 2014	R-l Ialoveni, sat. Ruseștii Noi	Casă locativa individuală, dormitor, parter, Perioada caldă a anului	151 $\pm 20\%$	52 $\pm 56\%$	Pa = 998 t = 23 C $\varphi = 61\%$	3	6	30	Căpățînă A.
90	18.06. 2014	R-l Ialoveni, sat. Mileștii Mici	Grădiniță Creșă, bloc alimentar, depozit Perioada caldă a anului	174 $\pm 20\%$	46 $\pm 89\%$	Pa = 1001 t = 21 C $\varphi = 69\%$	2,5	5	30	Căpățînă A.
91	18.06. 2014	R-l Ialoveni, sat. Ruseștii Noi	Subsolul casei (Beciul), casă individuală de tip	1392	120	Pa = 1000	3,5	7	30	Căpățînă A.

			vechi Perioada caldă a anului	$\pm 7\%$	$\pm 52\%$	$t = 18,5\text{ C}$ $\varphi = 73\%$				
92	18.06. 2014	R-l Ialoveni, sat. Mileștii Mici	Liceul teoretic, blocul alimentar Perioada caldă a anului	385 $\pm 7\%$	60 $\pm 47\%$	$P_a = 1001$ $t = 20\text{ C}$ $\varphi = 76\%$	1,5	3	30	Căpățîină A.
93	19.06. 2014	R-l Ialoveni, sat. Malcoci	Casă locativă, bucătărie, parter Perioada caldă a anului	30 $\pm 45\%$	6 $\pm 93\%$	$P_a = 1001$ $t = 20\text{ C}$ $\varphi = 65\%$	3	6	30	Căpățîină A.
94	19.06. 2014	R-l Ialoveni, sat. Malcoci	Gimnaziu, vestiarul Perioada caldă a anului	365 $\pm 13\%$	23 $\pm 78\%$	$P_a = 996$ $t = 22,5\text{ C}$ $\varphi = 62\%$	3	6	30	Căpățîină A.
95	20.06. 2014	R-l Ialoveni, sat. Nimoreni	Grădinița, depozit, parter Perioada caldă a anului	607 $\pm 10\%$	83 $\pm 51\%$	$P_a = 994$ $t = 23\text{ C}$ $\varphi = 63\%$	3,5	7	30	Căpățîină A.
96	20.06. 2014	R-l Ialoveni, sat. Nimoreni	Grădinița, depozit, subsol Perioada caldă a anului	115 $\pm 35\%$	115 $\pm 40\%$	$P_a = 994$ $t = 21,5\text{ C}$ $\varphi = 71\%$	2,5	5	30	Căpățîină A.

97	01.07. 2014	R-l Hîncești	Grădinița nr. 6, str. Veronica Micle, 6 parter, dormitor Perioada caldă a anului	192 ± 18%	17 ± 67%	Pa = 996 t = 26,5 C φ = 48%	3	6	30	Căpățînă A.
98	01.07. 2014	R-l Hîncești	Liceul teoretic M. Eminescu, str. Eminescu, 43 et 1, clasă primară, sala de studii Perioada caldă a anului	47 ± 36%	28 ± 82%	Pa = 997 t = 24,5 C φ = 69%	3	6	30	Căpățînă A.
99	01.07. 2014	R-l Ialoveni, satul Ruseștii Noi	Casă individuală, parter, dormitor Perioada caldă a anului	74 ± 30%	22 ± 85%	Pa = 1002 t = 25 C φ = 60%	2,5	5	30	Căpățînă A.
100	02.07. 2014	R-l Hîncești	Gimnaziul Fundul Galbenei Perioada caldă a anului	29 ± 46%	31 ± 72%	Pa = 1001 t = 23 C φ = 67%	2,5	5	30	Căpățînă A.
101	02.07. 2014	R-l Hîncești	Grădinița Albinuța, dormitor, parter Perioada caldă a anului	174 ± 19%	14 ± 91%	Pa = 996 t = 21,5 C φ = 80%	2,5	5	30	Căpățînă A.
102	02.07. 2014	R-l Ialoveni, sat. Ruseștii Noi	Casă locativă individuală, sala de oaspeți	84 ± 27%	11 ± 95%	Pa = 1008 t = 26 C	2,5	5	30	Căpățînă A.

			Perioada caldă a anului			$\varphi = 55\%$				
103	03.07. 2014	R-l Hîncești, sat. Buțeni	Grădinița Romanița, subsolul sau beciul Perioada caldă a anului	173 $\pm 19\%$	36 $\pm 72\%$	Pa = 1001 t = 22 C $\varphi = 70\%$	2,5	5	30	Căpățîină A.
104	03.07. 2014	R-l Hîncești	Gimnaziul Anton Bunduchi, str. Renașterei, 20 Perioada caldă a anului	164 $\pm 19\%$	69 $\pm 50\%$	Pa = 998 t = 22 C $\varphi = 62\%$	2,5	5	30	Căpățîină A.
105	04.07. 2014	R-l Hîncești, sat Logănești	Grădiniță, dormitorul Perioada caldă a anului	60 $\pm 32\%$	24 $\pm 73\%$	Pa = 1004 t = 20 C $\varphi = 73\%$	3	6	30	Căpățîină A.
106	04.07. 2014	R-l Hîncești, sat Logănești	Gimnaziul Logănești Perioada caldă a anului	92 $\pm 27\%$	46 $\pm 55\%$	Pa = 1004 t = 21,5 C $\varphi = 75\%$	2	4	30	Căpățîină A.
107	09.07. 2014	Mun. Chișinău	Casă locativă, apartament, et 2 sala de oaspeți, str. Al. Russo 18/1, Perioada caldă a anului	30 $\pm 45\%$	- $\pm -\%$	Pa = 983 t = 30 C $\varphi = 44\%$	8	16	30	Vîrlan S.

108	10.07. 2014	Mun. Chișinău	Casă locativă, apartament, et 1 sala de oaspeți, str. Mircea cel Bătrîn 5/2 Perioada caldă a anului	38 ± 45%	- ± -%	Pa = 983 t = 30 C φ =45%	11	22	30	Vîrlan S.
109	10.07. 2014	Mun. Chișinău	Casă locativă, apartament, et 1 dormitor, str. Mircea cel Bătrîn 5/2, Perioada caldă a anului	84 ± 27%	- ± -%	Pa = 982 t = 30 C φ =46%	13	26	30	Vîrlan S.
110	11.07. 2014	Mun. Chișinău	Cămin studențesc, odaie locativă parter, str. N. Testemițanu, Căminul nr 10 Perioada caldă a anului	78 ± 28%	- ± -%	Pa = 982 t = 30 C φ =46%	11	22	30	Vîrlan S.
111	12 - 13.07. 2014	Mun. Chișinău	Casă locativă, parter, dormitor, str. Lomonosov 61/9, Perioada caldă a anului	102 ± 26%	- ± -%	Pa = 984 t = 28,5 C φ =57%	5,5	11	30	Vîrlan S.
112	13.07. 2014	Mun. Chișinău	Casă locativă, demisol, spațiu comercial, str. Lomonosov 61/9, Perioada caldă a anului	682 ± 9%	36 ± -%	Pa = 994 t = 24 C φ =71%	4,5	9	30	Vîrlan S.

113	14.07. 2014	Mun. Chișinău	Complex locativ N Testemitanu, demisol, spațiu comercial, str. N. Testemițanu, Perioada caldă a anului	586 $\pm 10\%$	28 $\pm -\%$	Pa = 995 t = 23,5 C $\varphi = 77\%$	8	16	30	Vîrlan S.
114	06.08. 2014	Mun. Chișinău	Complex locativ N Testemitanu, parter, spațiu comercial, str. N. Testemițanu, Perioada caldă a anului	174 $\pm 19\%$	14 $\pm -\%$	Pa = 991 t = 28,5 C $\varphi = 60\%$	5,5	11	30	Vîrlan S.
115	07.08. 2014	Mun. Chișinău	Complex locativ N Testemitanu, parter, spațiu comercial, str. N. Testemițanu, Perioada caldă a anului	184 $\pm 19\%$	16 $\pm -\%$	Pa = 991 t = 27,5 C $\varphi = 61\%$	6,5	13	30	Vîrlan S.
116	13.08. 2014	R-l Hîncești, sat. Mereșeni	Gimnaziu Mereșeni, Bucătărie, parter Perioada caldă a anului	80 $\pm 29\%$	12 $\pm -\%$	Pa = 998 t = 28 C $\varphi = 59\%$	2,5	5	30	Căpățînă A.
117	13.08. 2014	R-l Hîncești, sat. Mereșeni	Gradinița Mereșeni, dormitor, et 2 Perioada caldă a anului	48 $\pm 35\%$	49 $\pm 51\%$	Pa = 994 t = 28,5 C $\varphi = 60\%$	2,5	5	30	Căpățînă A.

118	21.08. 2014	Or. Comrat	Orașul Comrat, Grădinița nr. 4 str. Pușkina 38 Perioada caldă a anului	48 ± 35%	10 ± %	Pa = 1004 t = 28,0 C φ =58%	3	6	30	Plavan I.
119	08.10. 2014	Or. Ștefan Vodă	str. Testemițanu 2. Arhiva publică, locul de muncă permanent, et. 1	36 ± 41%	- ± %	Pa = 1011 t = 18 C φ =42%	6	12	30	Vîrlan S.
120	09.10. 2014	Or. Ștefan Vodă	or. Ștefan Vodă, str. Testemițanu 2. Policlinică et. 1 registratura	54 ± 32%	5 ± %	Pa = 1009 t = 19 C φ =45%	5	10	30	Vîrlan S.
121	23.10. 2014	Mun. Bălți	Spitalul municipal, et 1 cabinetul medicului	116 ± 24%	14 ± %	Pa = 1002 t = 17,5 C φ =70%	1,5	3	30	Apostol I.
122	24.10. 2014	Mun. Bălți	Căminul universității pedagogice Al. Russo Bălți	42 ± 38%	11 ± %	Pa = 1006 t = 16,5 C φ =69%	1,5	3	30	Apostol I.
123	28.10. 2014	R-l Ungheni	R-l Ungheni, sat Cornești, casă locativă individuală cu un nivel, dormitor	178 ± 19%	17 ± %	Pa = 1002 t = 18 C φ =49%	3,5	7	30	Vîrlan S.

124	28.10.2014	R-l Ungheni	R-l Ungheni, sat Cornești, casă locativă individuală cu un nivel, bucătăria	92 ± 26%	11 ± %	Pa = 1023 t = 18 C φ =56%	3	6	30	Vîrlan S.
125	29.10.2014	R-l Ungheni	or Ungheni, str. Naț.l.ală 3, apartament parter, dormitor	62 ± 32%	- ± %	Pa = 1025 t = 19 C φ =58%	3,5	7	30	Vîrlan S.
126	29.10.2014	R-l Ungheni	or Ungheni, str. Naț.l.ală 3, spitalul ra.l.al, et 1, bloc administrativ	150 ± 20%	- ± %	Pa = 1002 t = 15,5 C φ =50%	3,5	7	30	Vîrlan S.
127	10.12.2014	R-l Orhei	or. Orhei, spitalul ra.l.al, et 1 palată pentru pacienți	30 ± 45%	- ± %	Pa = 1012 t = 10 C φ =75%	3,5	7	30	Vîrlan S.
128	10.12.2014	R-l Orhei	or. Orhei, casă individuală cu fundament, dormitorul	66 ± 30%	- ± %	Pa = 1010 t = 17 C φ =57%	3,5	7	30	Vîrlan S.
129	11.12.2014	R-l Orhei	or. Orhei, sat. Isacova, casă individuală, fără fundament, dormitor	251 ± 15%	- ± %	Pa = 994 t = 16 C φ =54%	6	12	30	Vîrlan S.

Anul 2015										
130	02.27. 2015	Or. Durlești	Or. Durlești, str. Cantinei 27/a, casă individuală, et. 1, casă de tip nou perioada rece a anului	232 $\pm 10\%$	13 $\pm 92\%$	Pa = 990 t = 22 C $\varphi = 57\%$	1,3	5	15	Vîrlan S.
131	02.04. 2015	Or. Leova	CSP, depozitul de vaccinuri subsol, perioada rece a anului	273 $\pm 6\%$	17 $\pm 82\%$	Pa = 1007 t = 15 C $\varphi = 68\%$	3,5	14	15	Căpățînă A.
132	15.04. 2015	Mun. Chișinău	Mun. Chișinău, frizerie, demisol, str. Gh. Asachi 49/A, perioada caldă a anului	239 $\pm 7,3\%$	58 $\pm 80\%$	Pa = 992 t = 25 C $\varphi = 60\%$	6,3	25	15	Plăvan I.
133	29.04. 2015	Mun. Chișinău	Mun. Chișinău, casă individuală, subsol, camera pentru sport, str. Vasile Lupu 46/3, perioada caldă a anului	192 $\pm 14\%$	41 $\pm 90\%$	Pa = 998 t = 20 C $\varphi = 58\%$	5,3	21	15	Vîrlan S.
134	30.04. 2015	Mun. Chișinău	Institutul de microbiologie, AȘM, subsol, depozit str. Academiei 1 perioada caldă a anului	240 $\pm 8\%$	68 $\pm 75\%$	Pa = 998 t = 17 C $\varphi = 48\%$	2,5	10	15	Corețchi L. R. Rusu (rezident)

135	06.05. 2015	Mun. Chişinău	Mun. Chişinău, IMSP, AMT Centru, depozit, subsol str. 31 August perioada caldă a anului	84 ± 12%	34 ± 90%	Pa = 1004 t = 22 C φ = 52%	2,8	11	15	Căpăţină A.
136	07.05. 2015	Mun. Chişinău	Mun. Chişinău, IMSP, SCMF, str. Grenoble 147, depozit, subsol	619 ± 4%	56 ± 77%	Pa = 991 t = 18 C φ = 60 %	3,5	7	30	Căpăţină A.
137	08.05. 2015	Mun. Chişinău	IMSP, SCM Nr 1 , str. Melestiu 20, depozit, subsol	56 ± 12%	- ± %	Pa = 998 t = 20 C φ = 55%	3,5	7	30	Căpăţină A.
138	11.05. 2015	Mun. Chişinău	IMSP, SCM Boli infecţioase pentru copii, str. Lomonosov 49, cameră pentru personal tehnic, demisol	86 ± 10%	19 ± 39%	Pa = 1003 t = 23 C φ = 48%	3,5	7	30	Vîrlan S.
139	12.05. 2015	Mun. Chişinău	IMSP, SCM Sf. Arhanghel Mihail, str. Arhanghel Mihail 38, subbsol, depozit	104 ± 10%	66 ± 48%	Pa = 1019 t = 18,5 C φ = 58%	3	6	30	Căpăţină A.
140	13.05. 2015	Mun. Chişinău	IMSP, SCM Sfînta Treime, str. Al. Russo 11, parterul, depozitul pentru	51 ± 13%	11 ± 89%	Pa = 1007 t = 20,5 C	3,5	7	30	Căpăţină A.

			mobilier			$\varphi = 5\%$				
141	14.05. 2015	Mun. Chişinău	Mun. Chişinău, casă locativă S+P+6E+M, str. Grenoblea 21, demisol 1	51 $\pm 11\%$	9 $\pm 91\%$	Pa = 989 t = 24,5 C $\varphi = 46\%$	45	3	15	Vîrlan S. Căpăţîină A.
142	14.05. 2015	Mun. Chişinău	casă locativă S+P+6E+M, str. Grenoblea 21, demisol 2 casei	24 $\pm 50\%$	9 $\pm 91\%$	Pa = 989 t = 21,5 C $\varphi = 57\%$	45	3	15	Vîrlan S. Căpăţîină A.
143	14.05. 2015	Mun. Chişinău	Mun. Chişinău, casă locativă S+P+6E+M, str. Grenoblea 21, parter 1	24 $\pm 70\%$	12 $\pm 89\%$	Pa = 988 t = 19,0 C $\varphi = 68\%$	45	3	15	Vîrlan S. Căpăţîină A.
144	14.05. 2015	Mun. Chişinău	Mun. Chişinău, casă locativă S+P+6E+M, str. Grenoblea 21, parter 2	62 $\pm 26\%$	20 $\pm 74\%$	Pa = 986 t = 18,0 C $\varphi = 69\%$	45	3	15	Vîrlan S. A. Căpăţîină A.
145	14.05. 2015	Mun. Chişinău	Mun. Chişinău, casă locativă S+P+6E+M, str. Grenoblea 21, parter 3	14 $\pm 80\%$	12 $\pm 89\%$	Pa = 986 t = 18,0 C $\varphi = 69\%$	45	3	15	Vîrlan S. Căpăţîină A.
146	14.05.	Mun. Chişinău	Mun. Chişinău, casă locativă S+P+6E+M, str.	48	15	Pa = 985	45 min	3	15	Vîrlan S.

	2015		Grenoblea 21, parter 4	$\pm 29\%$	$\pm 88\%$	$t = 17,5 \text{ C}$ $\varphi = 66\%$				Căpățînă A.
147	14.05. 2015	Mun. Chișinău	Mun. Chișinău, casă locativă S+P+6E+M, str. Grenoblea 21, parter 5	91 $\pm 22\%$	26 $\pm 78\%$	$Pa = 984$ $t = 17,0 \text{ C}$ $\varphi = 69\%$	45 min	3	15	Vîrlan S. Căpățînă A.
148	15.05. 2015	Mun. Chișinău	Mun. Chișinău, IMSP, SCM V. Ignatenco, str. Grenoblea 149, subbsol	57 $\pm 13\%$	11 $\pm 91\%$	$Pa = 992$ $t = 20,5 \text{ C}$ $\varphi = 54\%$	3,5	7	30	Căpățînă A.
149	19.05. 2015	Mun. Chișinău	IMSP, AMT Riscani Policlinica, str. AL Russo 11, subbsol	139 $\pm 8\%$	17 $\pm 91\%$	$Pa = 1003$ $t = 23,5 \text{ C}$ $\varphi = 65\%$	3,5	7	30	Căpățînă A.
150	03.06. 2015	Or. Cahul	IMSP, Spitalul raional Cahul, camera pentru medici, et 1	26 $\pm 18\%$	37 $\pm 60\%$	$Pa = 1007$ $t = 28,0 \text{ C}$ $\varphi = 45\%$	1,5	3	30	Vîrlan S.
151	03.06. 2015	Or. Cahul	or. Cahul, casa tip bloc, str. Șt. Cel Mare 17, dormitor, parterul	56 $\pm 21\%$	38 $\pm 55\%$	$Pa = 1012$ $t = 26,5 \text{ C}$ $\varphi = 56\%$	1,5	3	30	Vîrlan S.
152	03.06.	Or. Cahul	IMSP, CS Cahul str. Șt. Cel Mare 27, camera	17	17	$Pa = 998$	1,5	3	30	Vîrlan S.

	2015		pentru medici, et 1	$\pm 36\%$	$\pm 85\%$	$t = 27,0\text{ C}$ $\varphi = 59\%$				
153	22.06. 2015	Mun. Chişinău	IMSP, AMT Ciocana Policlinica, str. Vadul lui Vodă 80, subbsol, depozit	48 $\pm 19\%$	10	$Pa = 1003$ $t = 23,0\text{ C}$ $\varphi = 55\%$	3,5	7	30	Căpăţină A.
154	24.06. 2015	Mun. Chişinău	IMSP, AMT Buiucani CMF, str. I Caragiale 1, cabinet de tratament, parter	182 $\pm 16\%$	16 $\pm 91\%$	$Pa = 1001$ $t = 26,5\text{ C}$ $\varphi = 53\%$	3,5	7	30	Căpăţină A.
155	24.06. 2015	Mun. Chişinău	IMSP, AMT Buiucani CCD CMF, str. I Caragiale 2, cabinet de lucru, subsol	107 $\pm 24\%$	18 $\pm 90\%$	$Pa = 1001$ $t = 25,0\text{ C}$ $\varphi = 52\%$	2,5	5	30	Căpăţină A.
156	25.06. 2015	Mun. Chişinău	IMSP, CMF 4 Buiucani, cabinet de radiografii, et.1	60 $\pm 32\%$	20 $\pm 92\%$	$Pa = 1005$ $t = 25,0\text{ C}$ $\varphi = 57\%$	3,5	7	30	Căpăţină A.
157	26.06. 2015	Mun. Chişinău	IMSP, AMT Buiucani CMF 6, str. Petru Movilă 6, Vestiarul, et.1	307 $\pm 10\%$	24 $\pm 88\%$	$Pa = 998$ $t = 27,5\text{ C}$ $\varphi = 59\%$	3,5	7	30	Căpăţină A.

158	29.06.2015	Mun. Chișinău	Mun. Chișinău, IMSP, CS Durlești, str. Cartușa 56, Spălătoria, et.1	586 ± 10%	81 ± 55%	Pa = 987 t = 25,0 C φ = 55%	3,5	7	30	Căpățîna A.
159	01.07.2015	Mun. Chișinău, com Sîngera	IMSP, CS Sîngera, cabinetul medicului epidemiolog, et.1	295 ± 14%	21 ± 89%	Pa = 1016 t = 27,0 C φ = 55%	3,5	7	30	Căpățîna A.
160	02.07.2015	Mun. Chișinău, com Băcioi	IMSP, CS Băcioi, str. cabinetul de proceduri, et.1	96 ± 25%	14 ± 98%	Pa = 1013 t = 28,0 C φ = 55%	3,5	7	30	Căpățîna A.
161	03.07.2015	Mun. Chișinău, com Bubuieci	IMSP, CS Bubuieci, str. Miorița 22, subsolul (depozit)	120 ± 22%	14 ± 98%	Pa = 1013 t = 27,0 C φ = 52%	3,5	7	30	Căpățîna A.
162	10.07.2015	Mun. Chișinău, com Budești	IMSP, CS Budești, str. Chișinăului 36, parter – cabinetul infirmierilor	11 ± 32%	4 ± 83%	Pa = 1007 t = 28,0 C φ = 43%	3,5	7	30	Căpățîna A.
163	13.07.2015	Mun. Chișinău	IMSP, CSM Chișinău, str. Negruzzi 3, subsolul (depozit)	30 ± 45%	4 ± 83%	Pa = 1007 t = 27,0 C φ = 46%	3,5	7	30	Căpățîna A.

164	13.07. 2015	Mun. Chișinău	IMSP, CSM Chișinău, str. Negruzzi 3, etajul 1 vestiarul	72 ± 29%	59 ± 48%	Pa = 1006 t = 26,0 C φ = 50%	3,5	7	30	Căpățînă A.
165	15.07. 2015	Mun. Chișinău	IMSP, CS Trușeni, str. 27 August, 2, et. 1 Cabinet chinetoterapeutic	186 ± 18%	20 ± 92%	Pa = 998 t = 27,5 C φ = 51%	3,5	7	30	Căpățînă A.
166	17.07. 2015	Mun. Chișinău	Comuna Stăuceni, IMSP, CS Stăuceni, str. Păcii 1A, et. 1 arhiva	224 ± 17%	30 ± 74%	Pa = 996 t = 26,5 C φ = 52%	3,5	7	30	Căpățînă A.
167	22.07. 2015	Mun. Chișinău	Comuna Grătiești, IMSP, CS Grătiești, str. Prieteniei, 2A, et. 1 Cabinet Ginecologic	335 ± 13%	21 ± 89%	Pa = 1004 t = 28,5 C φ = 57%	3,5	7	30	Căpățînă A.
168	02.11. 2015	Mun. Chișinău	IMSP, Policlinica, str. Independenței, Botanica et. 1	35 ± 78%	7 ± 98%	Pa = 1011 t = 24,5 C φ = 38%	3,5	6	30	Căpățînă A.
169	03.11. 2015	R-l. Leova	Leova, casă individuală cu un nivel et. 1, sala de oaspeți,	100 ± 54%	-	Pa = 1012 t = 9,5 C φ = 92%	3,5	7	30	Vîrlan S.

170	04.11.2015	Mun. Cahul	Mun.Cahul, apartament, locuință de tip bloc et. 1 str.	48 ± 80%	-	Pa = 1012 t = 22,5 C φ = 40%	3,5	11	30	Vîrlan S.
171	05.11.2015	Mun. Cahul	Mun.Cahul, casă particulară cu un nivel et. 1 str.	80 ± 72%	-	Pa = 1012 t = 18,5 C φ = 57%	3,5	7	30	Vîrlan S.
172	13.11.2015	Com.Ghidighici	com. Ghidighici, str. Decebal 1 cabinet de fizioproceduri et 1	12 ± 71%	-	Pa = 1016 t = 21 C φ = 65%	3,5	7	30	Căpățîna A.
173	16.11.2015	Com.Colonița	str. Hipocrate,8 et. 1, laboratorul	12 ± 70%	-	Pa = 986 t = 19 C φ = 50%	3,5	7	30	Căpățîna A.
Total măsurători										1787

Anexa 6. Date referitor la structura morbidității prin maladii oncologice în perioada a. a. 2013-2015 în Republica Moldova

Tabelul A.6 1. Structura morbidității prin maladii oncologice în perioada a. a. 2013-2015 în Republica Moldova

Tipul cancerului	Anii		
	2013	2014	2015
Cancerul bronhopulmonar	858	858	892
Cancerul glandei mamare	969	933	1029
Cancerulrectului	465	539	561
Cancerulstomacal	434	450	472
Cancerulcolonului	548	596	652
Hemoblastoze	516	537	665
Cancerulcolului uterin	302	305	287
Canceruluterului	279	300	325
Cancerulficatului	278	285	277
Cancerulglandei tiroide	357	386	308
Cancerul ovarului	162	131	146

Tabelul A.6.2. Structura morbidității prin maladii oncologice în perioada a. 2013-2015 în regiunile principale ale Republicii Moldova

Tipul cancerului	Anii								
	2013			2014			2015		
	S	C	N	S	C	N	S	C	N
Cancerul bronhopulmonar	165	218	241	141	247	227	150	253	233
Cancerul glandei mamare	213	253	203	199	249	174	197	270	217

Cancerulrectului	81	152	105	112	167	124	97	151	120
Cancerulstomacal	93	114	120	72	127	114	85	124	124
Cancerulcolonului	110	139	132	100	164	137	124	176	118
Hemoblastoze	102	150	118	120	124	107	127	180	128
Cancerulcolului uterin	59	93	74	62	74	98	55	84	75
Canceruluterului	48	66	70	49	83	68	50	69	89
Cancerulficatului	48	98	62	60	93	58	56	89	69
Cancerulglandei tiroide	86	105	75	73	104	93	60	87	61
Cancerul ovarului	30	41	30	15	40	32	17	40	45

**Tabelul A.6.3. Incidența diferitor tipuri de cancer în populația Republicii Moldova, a. a.
2013-2015, în funcție de an și raion**

Tipul cancerului	Valoare	Anii					
		2013		2014		2015	
		Raion		Raion		Raion	
Bronho-pulmonar	max.	Orhei	36	Orhei	35	Anenii Noi	31
	min.	Vulcănești	3	Vulcănești	4	Basarabeasca, Dubăsari	5
Glanda mamară	max.	Cahul	42	Cahul	41	Strășeni	41
	min.	Dubăsari	2	Vulcănești	6	Basarabeasca	9
Rect	max.	Orhei	23	Orhei	23	Cahul, Căușeni	20
	min.	Basarabeasca	2	Basarabeasca	1	Ocnița, Comrat	1
Stomacal	max.	Florești	19	Ungheni	28	Florești	21
	min.	Basarabeasca, Cantemir	3	Dubăsari	0	Comrat	3
Colon	max.	Orhei	23	Florești, Ceadâr-Lunga	24	Căușeni	21

	min.	Șoldănești	2	Vulcănești	5	Comrat, Râșcani, Vulcănești	4
Hemoblast oze	max.	Ungheni	19	Hâncești	20	Hâncești	25
	min.	Basarabeasca	3	Basarabeasca	2	Basarabeasca	3
Colul uterin	max.	Ialoveni	12	Edineț	16	Cahul	18
	min.	Leova, Râșcani	1	Vulcănești	2	Dubăsari, Taraclia	1
Uterul	max.	Orhei, Anenii Noi, Florești	11	Criuleni	16	Florești	18
	min.	Nisporeni, Edineț	1	Vulcănești	1	Dubăsari	0
Ficat	max.	Orhei	19	Orhei	18	Orhei, Hâncești	13
	min.	Dubăsari	1	Basarabeasca	1	Vulcănești	0
Glanda tiroidă	max.	Cahul	21	Soroca	17	Cahul	19
	min.	Vulcănești, Cant., Edineț	2	Șoldănești	1	Cimișlia	1
Ovar	max.	Cahul	9	Ialoveni	7	Orhei	9
	min.	Basarabeasca, Rezina, Soroca, Leova, Taraclia	1	Vulcănești	0	Cantemir, Ceadâr- Lunga, Taraclia, Basarabeasca	0

Tabelul A.6.4. Incidența cancerului bronhopulmonar în perioada a. a. 2013-2015 pe teritoriul Republicii Moldova

Teritoriul administrativ	Anii		
	2013	2014	2015
Orhei	36	35	30
Soroca	29	31	29
Anenii Noi	19	19	31
Drochia	30	22	29
Briceni	30	14	27
Fălești	24	22	29
Strășeni	19	28	27
Cahul	28	19	22
Râșcani	24	27	25
Florești	23	26	18
Ungheni	24	25	25
Hâncești	25	24	21
Comrat	24	19	9
Ialoveni	23	23	18
Căușeni	14	18	23
Glodeni	12	23	11
Edineț	22	18	19
Criuleni	21	18	21
Sângerei	21	19	19
Ceadâr-Lunga	21	5	15

Telenești	11	14	20
Leova	9	13	20
Nisporeni	7	19	15
Călărași	12	17	17
Cimișlia	17	12	15
Dondușeni	17	11	14
Ștefan-Vodă	13	16	11
Cantemir	15	8	10
Taraclia	15	8	10
Ocnita	9	14	13
Șoldănești	7	6	12
Rezina	6	11	11
Vulcănești	3	4	10
Dubăsari	8	8	5
Basarabeasca	6	4	5

Tabelul A. 6. 5. Incidența cancerului bronhopulmonar (număr absolut) în perioada a. a. 2013-2015 în principale Zone ale Republicii Moldova

Zona	2013	2014	2015
Nord	241	227	233
Centru	218	230	253
Sud	165	126	150

Tabelul A.6.6. Incidența cancerului glandei mamare în perioada a. a. 2013-2015 pe teritoriul Republicii Moldova

Teritoriul administrativ	Anii		
	2013	2014	2015
Cahul	42	41	33
Strășeni	24	25	41
Drochia	21	12	40
Ungheni	31	29	34
Orhei	33	27	30
Ștefan-Vodă	30	12	22
Soroca	29	13	23
Căușeni	28	28	27
Ialoveni	23	26	27
Hâncești	27	24	24
Sângerei	21	24	27
Edineț	18	21	25
Fălești	20	13	25

Comrat	20	24	20
Călărași	19	23	19
Florești	16	23	16
Râșcani	20	21	11
Criuleni	21	19	19
Telenești	19	20	17
Cantemir	15	18	17
Anenii Noi	18	13	17
Ocnița	14	18	11
Dondușeni	18	7	12
Ceadâr-Lunga	14	17	15
Leova	15	13	17
Șoldănești	17	9	10
Cimișlia	16	15	14
Taraclia	9	16	11
Nisporeni	10	16	10
Briceni	13	12	14
Basarabeasca	14	9	9
Glodeni	13	10	13
Rezina	9	10	12
Vulcănești	10	6	12
Dubăsari	2	8	10

Tabelul A.6.7. Incidența cancerului de rect în perioada a. a. 2013-2015 pe teritoriul Republicii Moldova

Teritoriul administrativ	Anii		
	2013	2014	2015
Orhei	23	23	18
Soroca	10	23	12
Hâncești	20	22	15
Căușeni	17	12	20
Cahul	5	16	20
Ungheni	14	20	6
Strășeni	17	18	10
Ialoveni	11	13	18
Florești	9	17	12
Anenii Noi	16	15	16
Drochia	9	12	16
Călărași	11	8	16
Ocnița	16	8	1
Ceadâr-Lunga	6	16	6
Ștefan-Vodă	12	15	11
Dondușeni	8	6	14
Sângerei	11	13	12
Cantemir	8	13	10

Fălești	8	11	12
Edineț	9	7	12
Telenești	7	12	9
Criuleni	11	9	10
Nisporeni	9	10	11
Briceni	10	7	11
Râșcani	10	11	7
Comrat	11	10	1
Glodeni	5	9	11
Cimișlia	5	11	8
Taraclia	6	9	7
Dubăsari	3	4	9
Rezina	7	7	7
Leova	4	6	6
Șoldănești	3	6	6
Vulcănești	5	3	4
Basarabeasca	2	1	4

Tabelul A.6.8. Incidența cancerului stomacal în perioada a. a. 2013-2015 pe teritoriul Republicii Moldova

Teritoriul administrativ	Anii		
	2013	2014	2015
Ungheni	13	28	13

Florești	19	13	21
Cahul	12	12	20
Drochia	9	18	13
Hâncești	17	15	11
Orhei	12	16	15
Strășeni	13	14	16
Briceni	12	9	15
Fălești	9	15	11
Sângerei	13	14	9
Soroca	12	9	13
Căușeni	13	9	12
Ceadâr-Lunga	13	8	5
Comrat	13	5	3
Ialoveni	11	11	10
Glodeni	11	7	10
Edineț	10	6	10
Călărași	9	7	10
Râșcani	8	9	8
Taraclia	7	8	9
Ocnita	8	9	6
Dondușeni	9	5	8
Nisporeni	5	9	8
Anenii Noi	7	4	9
Cimișlia	9	3	6

Ștefan-Vodă	8	8	8
Telenești	7	8	8
Criuleni	6	7	8
Leova	8	5	5
Cantemir	3	7	7
Rezina	5	4	7
Basarabeasca	3	6	6
Șoldănești	5	4	4
Dubăsari	4	0	5
Vulcănești	4	1	4

Tabelul A.6.9. Incidența cancerului de colon în perioada a. a. 2013-2015 pe teritoriul Republicii Moldova

Teritoriul administrativ	Anii		
	2013	2014	2015
Ceadâr-Lunga	18	24	17
Florești	14	24	13
Orhei	23	20	20
Strășeni	11	22	20
Ungheni	14	21	16
Căușeni	9	8	21
Soroca	13	20	9
Ialoveni	11	19	18

Fălești	17	12	19
Hâncești	12	12	18
Edineț	17	16	10
Cahul	14	8	17
Drochia	17	12	11
Comrat	17	11	4
Anenii Noi	16	16	12
Ștefan-Vodă	11	8	15
Criuleni	6	7	15
Briceni	8	13	14
Telenești	12	14	12
Râșcani	13	11	4
Ocnia	3	8	13
Rezina	8	5	12
Sângerei	10	5	11
Călărași	9	8	11
Cantemir	6	7	11
Taraclia	5	7	11
Glodeni	11	7	5
Cimișlia	10	9	10
Dondușeni	9	9	9
Nisporeni	9	6	8
Basarabeasca	8	5	9
Șoldănești	2	7	8

Leova	6	8	5
Dubăsari	6	7	6
Vulcănești	6	5	4

**Tabelul A.6.10. Incidența cancerului hemoblastozei în perioada a. a. 2013-2015
pe teritoriul Republicii Moldova**

Teritoriul administrativ	Anii		
	2013	2014	2015
Căușeni	16	13	21
Hâncești	16	20	18
Orhei	15	16	20
Strășeni	16	13	20
Ungheni	19	15	16
Fălești	13	6	19
Ialoveni	16	14	18
Cahul	13	16	17
Ceadâr-Lunga	6	15	17
Soroca	12	17	9
Edineț	8	16	12
Criuleni	10	9	15
Ștefan-Vodă	12	10	15
Comrat	14	14	4
Sângerei	13	14	11

Briceni	12	4	14
Călărași	14	11	11
Florești	8	12	13
Anenii Noi	13	5	12
Drochia	13	6	11
Ocnîța	8	6	13
Taraclia	10	12	11
Cantemir	12	9	11
Râșcani	12	10	4
Telenești	6	4	12
Rezina	4	2	12
Cimișlia	6	11	10
Dondușeni	10	6	9
Glodeni	9	10	5
Leova	6	10	5
Basarabeasca	3	2	9
Nisporeni	8	5	8
Șoldănești	7	3	8
Vulcănești	4	8	4
Dubăsari	6	7	6

**Tabelul A.6.11. Incidența cancerului colului uterin în perioada a. a. 2013-2015
pe teritoriul Republicii Moldova**

Teritoriul administrativ	Anii		
	2013	2014	2015
Cahul	11	10	18
Edineț	9	16	8
Căușeni	9	15	13
Florești	9	14	11
Hâncești	9	9	14
Drochia	5	13	8
Soroca	10	12	8
Ialoveni	12	10	8
Criuleni	4	6	11
Ungheni	9	4	10
Briceni	7	7	10
Telenești	10	6	7
Ocnîța	9	7	2
Fălești	6	6	9
Dondușeni	3	5	9
Ștefan-Vodă	8	6	7
Sângerei	7	8	2
Strășeni	8	6	5
Nisporeni	8	3	3
Glodeni	8	3	2

Ceadâr-Lunga	8	2	2
Anenii Noi	7	7	7
Orhei	7	6	7
Râșcani	1	7	7
Călărași	7	4	5
Comrat	6	6	2
Rezina	5	6	2
Leova	1	6	4
Cimișlia	5	3	2
Cantemir	3	5	2
Șoldănești	4	4	4
Taraclia	3	4	1
Basarabeasca	3	3	2
Dubăsari	3	3	1
Vulcănești	2	2	2

Tabelul A.6.12. Incidența cancerului uterului în perioada a. a. 2013-2015 pe teritoriul Republicii Moldova

Teritoriul administrativ	Anii		
	2013	2014	2015
Florești	11	4	18
Criuleni	5	16	9
Drochia	8	8	15

Orhei	11	13	12
Soroca	6	12	7
Anenii Noi	11	10	9
Căușeni	8	10	10
Râșcani	10	4	7
Edineț	1	7	9
Ungheni	9	5	4
Sângerei	3	5	9
Ialoveni	4	9	2
Briceni	8	5	8
Cahul	6	8	6
Fălești	6	8	1
Leova	4	8	4
Glodeni	8	4	6
Cimișlia	5	1	8
Rezina	5	7	6
Hâncești	3	3	7
Nisporeni	1	2	7
Basarabeasca	0	7	2
Ocnita	6	6	6
Călărași	4	4	6
Taraclia	4	3	6
Strășeni	2	6	4
Ștefan-Vodă	6	1	4

Comrat	5	3	4
Dondușeni	3	5	3
Telenești	5	3	1
Ceadâr-Lunga	5	3	1
Cantemir	3	4	2
Șoldănești	2	4	2
Dubăsari	4	1	0
Vulcănești	2	1	3

Tabelul A.6.13. Incidența cancerului de ficat în perioada a. a. 2013-2015 pe teritoriul Republicii Moldova

Teritoriul administrativ	Anii		
	2013	2014	2015
Orhei	19	18	13
Ceadâr-Lunga	2	16	3
Hâncești	13	6	13
Strășeni	10	13	11
Cahul	11	12	12
Ungheni	11	10	8
Soroca	11	7	5
Florești	4	7	11
Comrat	5	10	2
Căușeni	3	9	9

Fălești	8	5	9
Ialoveni	8	9	7
Râșcani	8	6	8
Călărași	8	7	6
Briceni	7	8	5
Nisporeni	5	8	7
Edineț	5	6	8
Criuleni	8	4	5
Drochia	5	6	7
Cantemir	3	6	7
Leova	5	2	7
Dubăsari	1	2	7
Cimișlia	4	5	6
Anenii Noi	4	3	6
Șoldănești	4	6	1
Basarabeasca	6	1	3
Ocnîța	5	5	4
Telenești	5	5	2
Ștefan-Vodă	5	4	3
Dondușeni	2	2	5
Sângerei	4	4	4
Taraclia	2	2	4
Vulcănești	2	4	0
Glodeni	3	2	3

Rezina	2	2	3
--------	---	---	---

Tabelul A. 6.14. Incidența cancerului glandei tiroide în perioada a. a. 2013-2015 pe teritoriul Republicii Moldova

Teritoriul administrativ	Anii		
	2013	2014	2015
Cahul	21	15	19
Soroca	7	17	11
Orhei	16	15	13
Ungheni	16	15	10
Criuleni	13	16	6
Căușeni	15	11	5
Anenii Noi	5	15	10
Ștefan-Vodă	14	2	9
Fălești	10	12	6
Drochia	7	11	10
Ceadâr-Lunga	9	11	8
Florești	11	7	5
Strășeni	10	7	9
Ialoveni	10	4	8
Ocnîța	8	9	2
Hâncești	7	8	4
Briceni	8	7	4

Sângerei	5	8	3
Călărași	4	8	3
Comrat	7	7	4
Edineț	2	7	7
Râșcani	4	7	6
Glodeni	7	4	5
Taraclia	5	7	4
Leova	4	7	3
Cimișlia	7	2	1
Dubăsari	5	5	6
Telenești	6	4	5
Dondușeni	6	4	2
Nisporeni	6	2	5
Cantemir	2	6	2
Rezina	4	4	4
Șoldănești	3	1	4
Vulcănești	2	3	3
Basarabeasca	0	2	2

Tabelul A.6.15. Incidența cancerului ovarian în perioada a. a. 2013-2015 pe teritoriul Republicii Moldova

Teritoriul administrativ	Anii		
	2013	2014	2015

Cahul	9	2	8
Orhei	4	3	9
Căușeni	8	0	2
Ialoveni	6	7	2
Drochia	4	3	7
Călărași	6	2	6
Fălești	2	5	6
Edineț	3	3	6
Anenii Noi	3	3	6
Soroca	1	6	3
Strășeni	5	3	4
Glodeni	3	5	3
Hâncești	3	5	1
Sângerei	3	1	5
Ocnița	5	2	2
Briceni	2	1	5
Șoldănești	5	1	2
Rezina	1	5	1
Florești	3	1	4
Ungheni	4	2	2
Nisporeni	1	4	2
Dondușeni	2	4	1
Cimișlia	4	1	2
Cantemir	4	2	0

Ceadâr-Lunga	1	4	0
Telenești	3	3	3
Comrat	3	3	1
Râșcani	2	1	3
Criuleni	3	1	1
Ștefan-Vodă	2	1	2
Dubăsari	2	1	1
Leova	1	2	1
Vulcănești	2	0	1
Taraclia	1	0	0
Basarabeasca	1	0	0

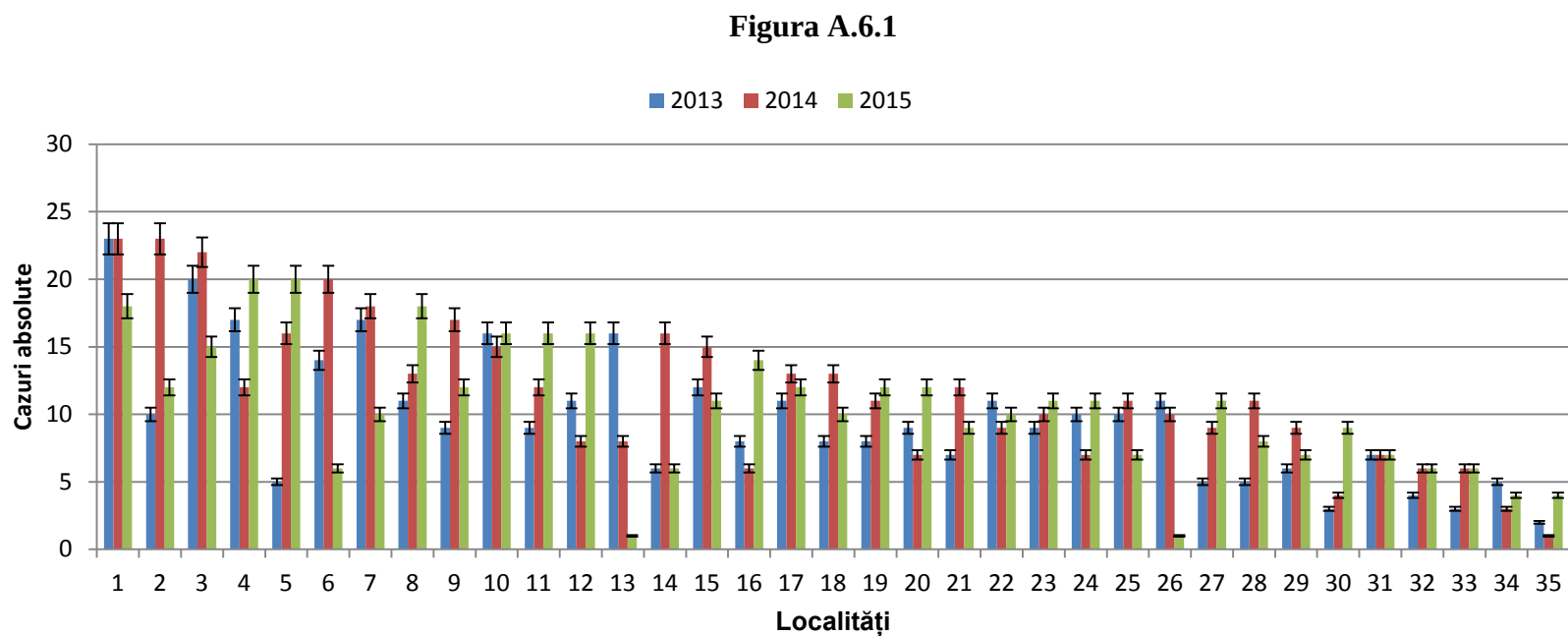


Fig. A.6.1. Incidența cancerului de rect în perioada a. a. 2013-2015 pe teritoriul Republicii Moldova.

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

Figura A.6.2

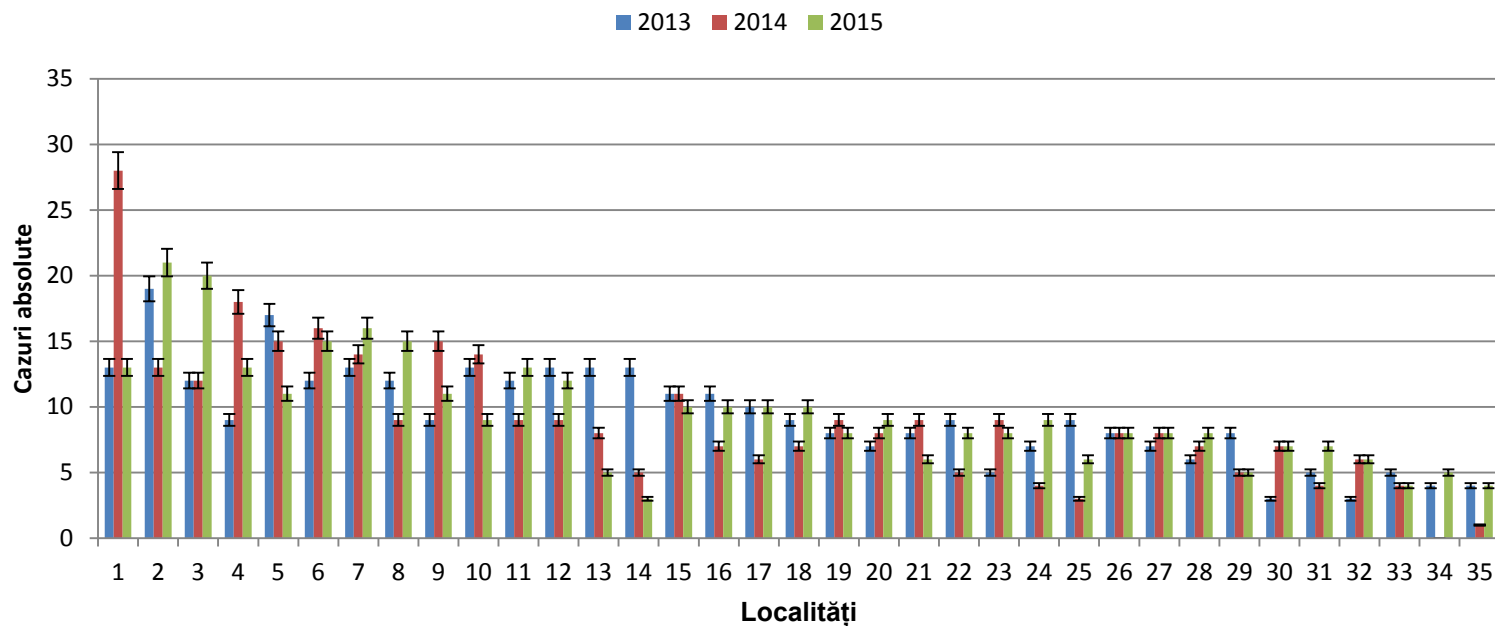


Fig. A.6.2 Incidența cancerului stomacal în perioada a. a.2013-2015

pe teritoriul Republicii Moldova.

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

Figura A.6.3

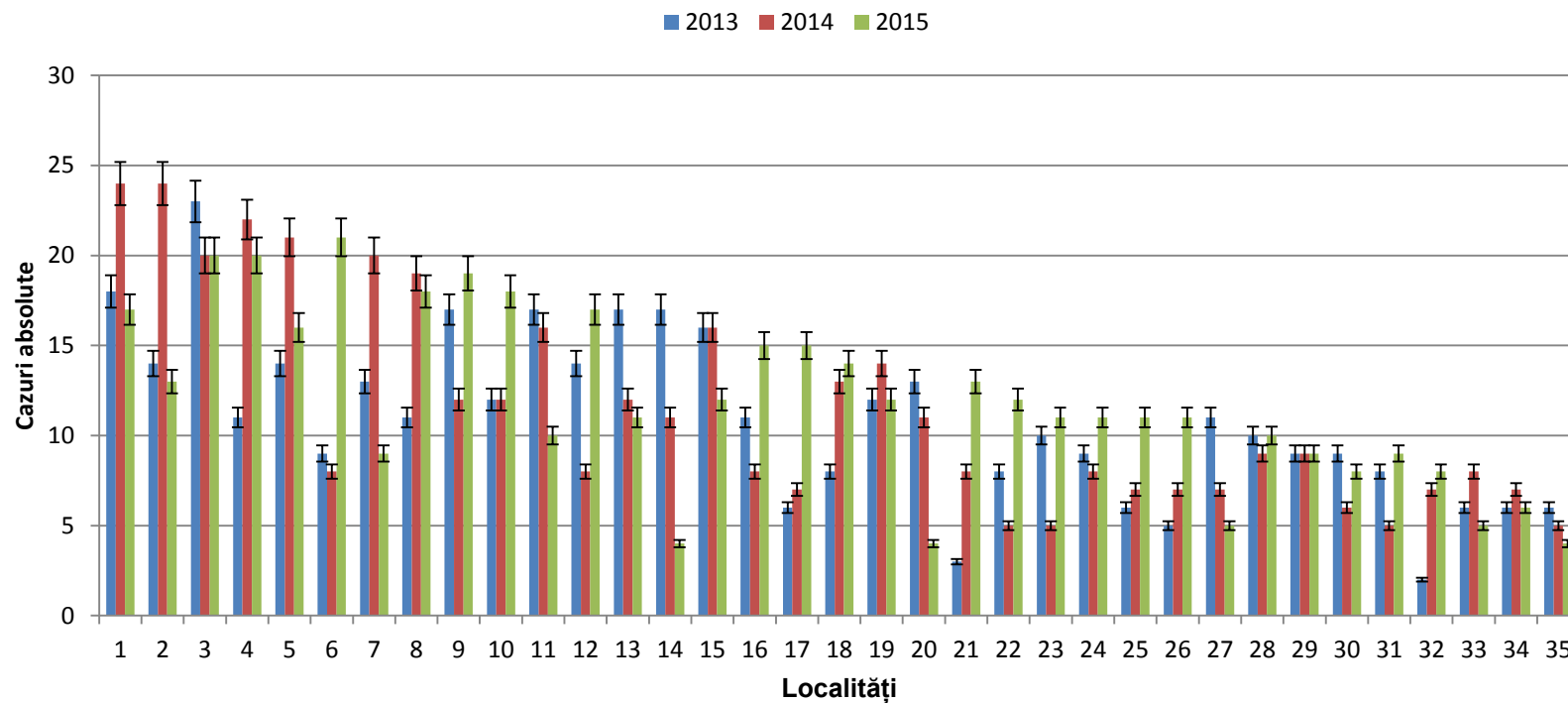
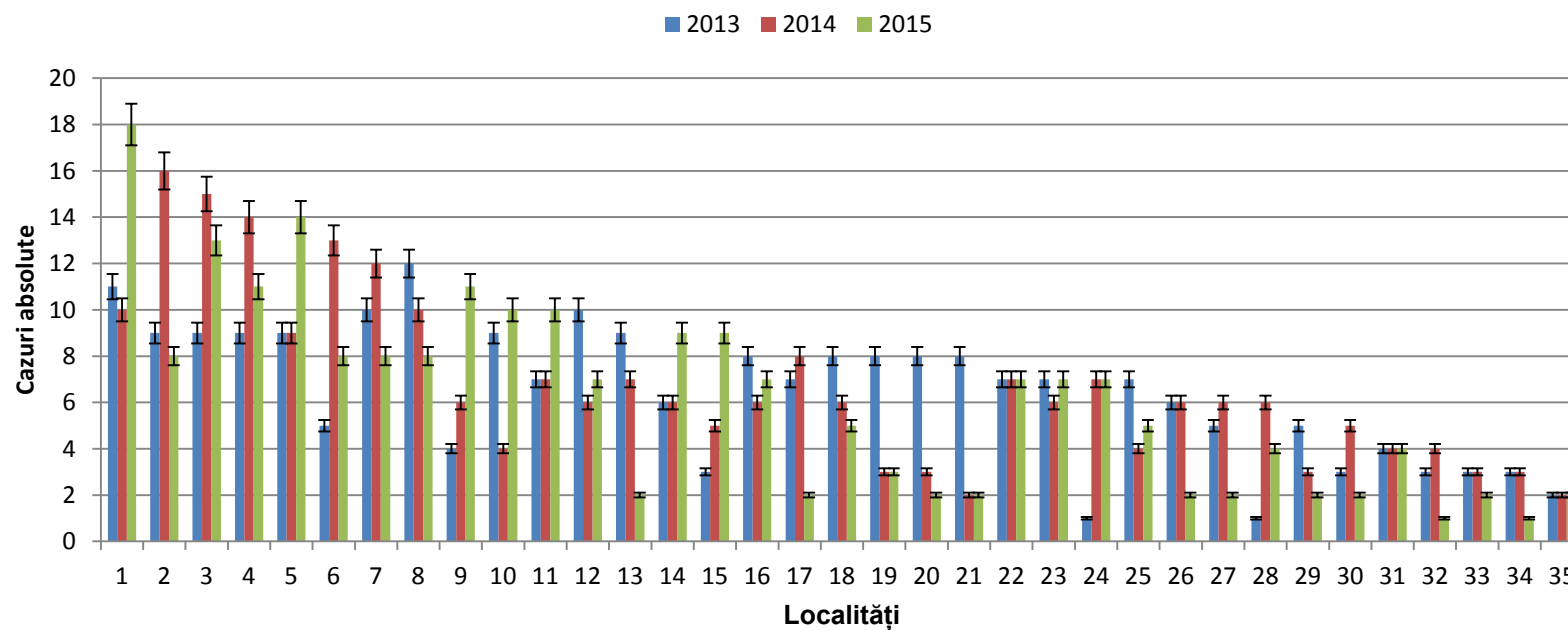


Fig. A.6.3. Incidența cancerului de colon în perioada a. a. 2013-2015 pe teritoriul Republicii Moldova.

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

Figura A.6.4



**Fig. A.6.4. Incidența cancerului colului uterin în perioada a. a. 2013-2015
pe teritoriul Republicii Moldova**

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

Figura A.6.5

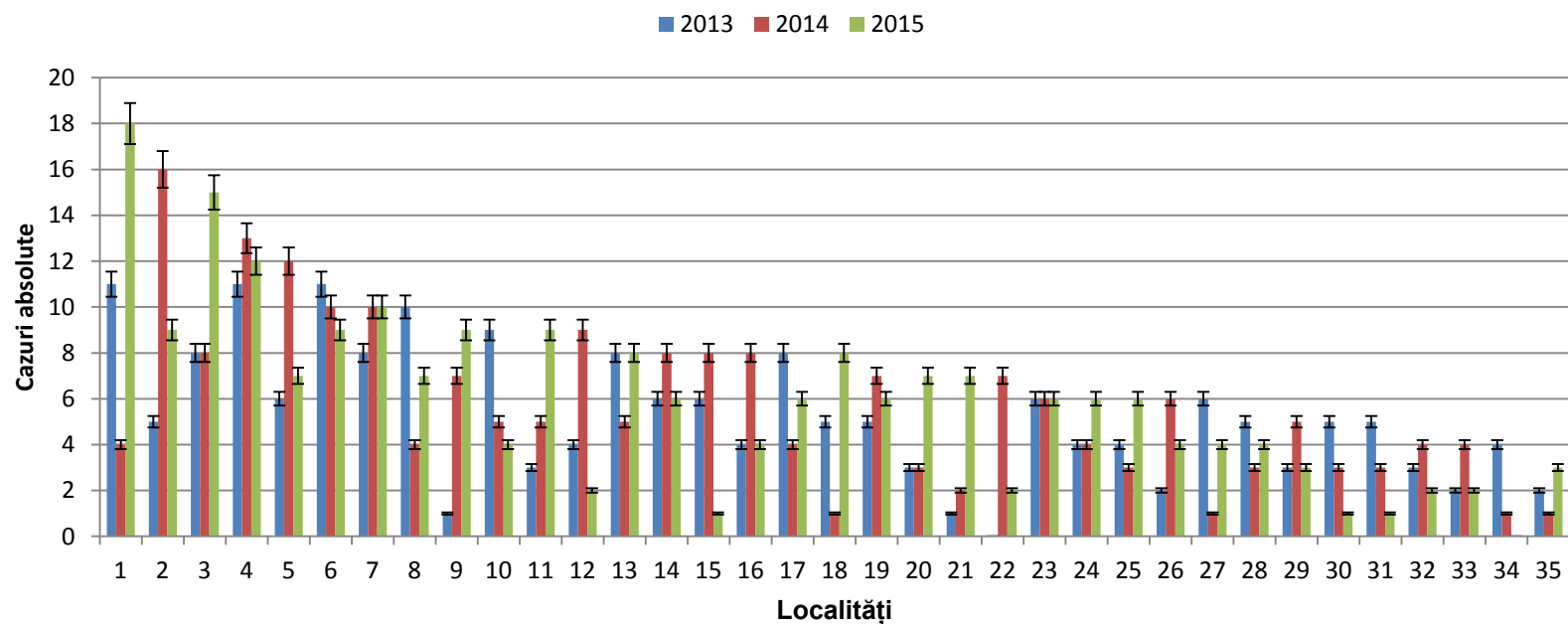


Fig. A.6.5. Incidența cancerului uterului în perioada a. a. 2013-2015

pe teritoriul Republicii Moldova.

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

Figura A.6.6

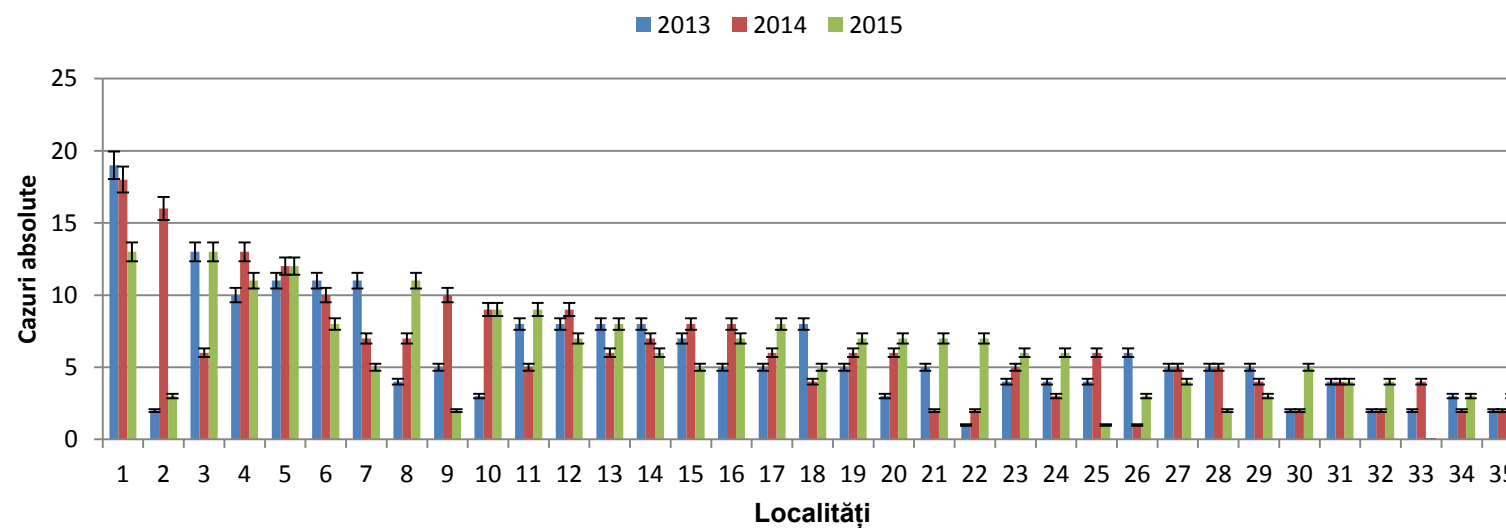


Fig. A.6.6. Incidența cancerului de ficat în perioada a. a. 2013-2015 pe teritoriul Republicii Moldova.

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

Figura A.6.7

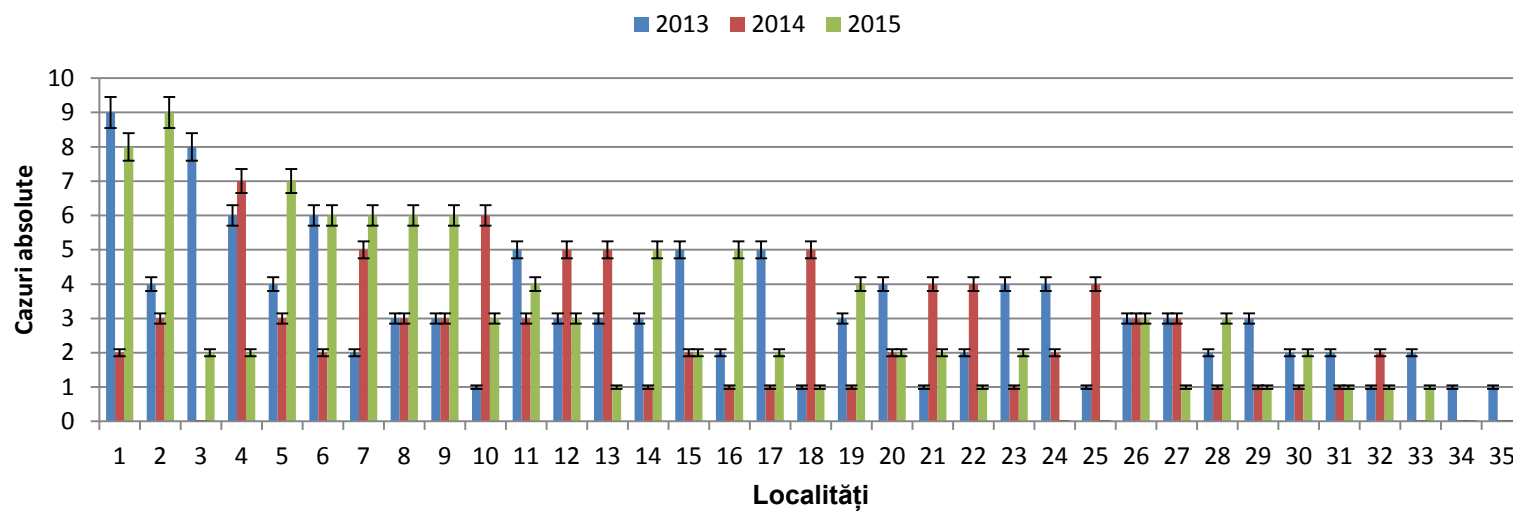


Fig. A.6.7. Incidența cancerului ovarian în perioada a. a. 2013-2015

pe teritoriul Republicii Moldova

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

Anexa 7. Date referitor la echivalentul debitului dozei ambientale a radiației gama

Tabel A 7.1. Valorile echivalentului debitului dozei ambientale a radiației gama, $\mu\text{r/h}$, pe teritoriul Republicii Moldova, anul 2012

№	Luna Stația		Ianuarie		Februarie		Martie		Aprilie		Mai		Iunie		Iulie		August		Septembrie		Octombrie		Noiembrie		Decembrie		Anual		
			D	X	D	X	D	X	D	X	D	X	D	X	D	X	D	X	D	X	D	X	D	X	D	X	D	X	
1	Nord	Briceni	13	20	14	19	14	19	14	18	13	24	13	18	14	17	13	17	13	17	13	17	13	17	13	17	13	24	
2		Soroca	13	15	13	16	13	16	13	16	12	16	12	16	13	16	13	16	13	16	13	19	13	18	13	18	13	19	
3		Camenca▼	14	18	14	16	14	17	14	17	14	19	14	18	14	18	14	17	14	17	14	17	13	16	14	16	14	19	
4		Bălți	17	19	17	19	17	19	17	20	17	20	17	19	18	20	17	19	17	19	17	20	17	20	18	20	17	20	
5		Rîbnița▼	12	14	12	14	12	13	12	14	12	14	14	16	14	16	14	16	14	16	12	14	12	13	12	13	12	16	
6		Fălești	9	11	9	11	9	11	11	14	13	15	13	15	13	16	13	15	14	16	13	16	13	16	14	16	12	16	
7		Mateuți*	8	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	8
8	centru	Cornești	13	15	13	17	13	15	13	15	13	15	13	15	13	15	13	15	13	15	13	15	13	18	13	18	13	18	
9		Bravicea	15	18	16	18	14	18	12	16	12	15	14	18	16	17	16	18	15	18	15	17	16	19	16	19	14	19	
10		Dubăsari▼	14	17	14	16	14	16	14	17	14	17	14	16	14	17	13	15	13	16	14	17	14	15	14	18	14	18	
11		Chișinău	15	20	13	18	14	22	13	20	14	20	16	20	13	19	13	21	13	20	14	24	13	21	13	21	14	24	
12		Bălța	12	15	13	15	12	15	12	15	13	15	14	16	13	17	13	16	12	15	13	15	13	15	12	15	13	17	
13		Tiraspol▼	14	15	13	15	14	18	14	17	14	18	15	17	15	19	15	17	16	18	15	17	15	17	14	16	15	19	
14		Bender▼	12	14	12	14	12	16	12	14	12	14	13	16	12	14	13	15	12	17	12	14	13	14	12	14	12	17	
15	Sud	Șt. Vodă	11	14	11	13	11	13	11	14	12	14	12	15	12	15	12	15	11	14	11	14	11	13	11	13	11	15	
16		Leova	11	13	11	13	11	12	11	14	12	14	12	18	14	17	13	18	12	15	12	15	11	13	12	15	12	18	
17		Comrat	14	19	13	19	13	19	15	20	15	20	15	22	14	22	14	21	14	19	15	22	16	22	13	18	14	22	
18		Cahul	13	17	14	18	14	18	14	18	14	18	13	18	14	17	14	18	14	18	14	18	15	17	14	17	14	18	
Maxima lunară				20		19		22		20		24		22		22		21		20		24		22		21		24	

	Luna	Ianuarie	Februarie	Martie	<i>APRILIE</i>	Mai	Iunie	Iulie	August	Septembrie	Octombrie	Noiembrie	Decembrie
--	------	----------	-----------	--------	----------------	-----	-------	-------	--------	------------	-----------	-----------	-----------

Tabel A 7.1. Valorile echivalentului debitului dozei ambientale a radiației gama, $\mu\text{r/h}$, pe teritoriul Republicii Moldova, anul 2015

			D	X	D	X	D	X	D	X	D	X	D	X	D	X	D	X	D	X	D	X	D	X	D	X
15	Sud	Șt. Vodă	11	13	12	14	12	14	12	14	12	14	12	14	12	14	11	14	12	14	12	14	11	14	11	14
1		Briceni	15	19	14	18	14	18	14	18	14	18	14	19	15	19	15	19	15	19	15	19	14	18	14	19
16	Sud	Leova	11	13	11	12	11	13	11	14	12	15	12	14	12	13	13	16	12	15	11	13	11	13	12	13
2		Soroca	14	16	13	16	13	16	13	16	13	16	13	16	13	16	13	17	13	16	13	16	13	15	13	16
3	Nord	Camenca▼	14	18	14	16	14	17	14	19	14	16	15	17	15	18	15	18	14	17	14	17	14	18	14	18
4		Bălți	16	19	16	20	16	20	16	20	15	19	16	21	16	20	15	22	16	21	16	20	16	20	14	20
5		Rîbnița▼	12	14	12	14	13	14	13	14	15	18	15	17	15	17	15	17	15	17	15	17	16	18	15	17
6		Fălești	12	15	9	11	10	14	13	15	14	15	14	16	14	15	14	15	13	15	13	14	13	15	13	15
8	Centru	Cornești	13	14	12	14	13	18	13	15	13	15	13	19	13	15	13	18	13	15	13	14	13	14	13	14
9		Bravicea	16	19	20	22	19	23	15	20	16	19	15	19	15	20	17	22	15	20	15	19	15	19	14	19
10		Dubăsari▼	12	15	14	18	12	15	12	13	12	14	12	15	14	18	13	14	14	15	13	14	13	14	13	15
11		Chișinău	13	21	12	20	12	20	13	18	13	22	15	22	12	18	13	18	13	19	12	20	14	19	11	16
12		Bălța	12	15	12	15	12	14	13	15	13	16	12	15	12	15	12	15	12	15	12	15	12	15	12	15
13		Tiraspol▼	13	14	12	14	12	14	12	15	13	16	15	18	15	18	16	19	13	19	13	15	13	15	14	17
14		Bender▼	12	14	12	13	12	13	12	13	12	14	14	15	14	16	14	17	14	16	14	16	14	16	14	16

17		Comrat	15	21	15	19	14	19	14	19	14	19	14	18	14	20	16	21	15	20	14	19	15	19	15	23
18		Cahul	12	15	12	14	12	15	12	16	12	15	12	14	12	14	12	14	12	14	11	14	12	14	12	15
Maxima lunară			16	21	20	22	19	23	16	20	16	22	16	22	16	20	17	22	16	21	16	20	16	20	15	23

D – valoarea medie

X – valoarea maximă

▼ – observațiile s-au efectuat numai la ora 7⁰⁰



MINISTERUL SĂNĂTĂȚII AL REPUBLICII MOLDOVA
CENTRUL DE SĂNĂTATE PUBLICĂ MUNICIPAL BĂLȚI

MD-3100, mun. Bălți, str. I. Franco, nr. 46, Tel. +373 231 7-32-15; Fax. +373 231 7-32-15; +373 231 7-51-91
E-mail: cmpbalti@yahoo.com, cmpmb@ms.md; www.cspbalti.md; IDNO: 1007601000159

18.05.2017 №. 01-486
la nr. dîn

Către Consiliul Științific
Specializat DH 331.02
pe lângă Centrul Național
de Sănătate Publică

Prin prezenta, Centrul de Sănătate Publică Municipal Bălți confirmă că, **GHIDUL "METODOLOGIA MONITORIZĂRII SURSELOR NATURALE DE RADON (^{222}Rn) ȘI EVALUAREA RISCULUI RADIOLOGIC PENTRU POPULAȚIA EXPUSĂ"**, elaborat în cadrul investigațiilor la teza de doctor în medicină cu tema „Estimarea riscului de expunere a populației Republicii Moldova la sursele naturale de radiații ionizante” a doctorandului CNSP dlui Serghei Vîrlan, examinat și aprobat la Consiliul de Experti al Ministerului Sănătății din Republica Moldova (proces verbal nr. 3 din 18 iunie 2014) și aprobat prin Hotărârea Medicului-șef sanitar de Stat al Republicii Moldova nr. 4 din 01.12.2014, a fost implementat în perioada 2015-2016 în practica laboratorului igiena radiațiilor al CSPM Bălți.

Medic șef



Veaceslav Chișlari



MINISTERUL SĂNĂTĂȚII AL REPUBLICII MOLDOVA
CENTRUL DE SĂNĂTATE PUBLICĂ DIN MUNICIPIUL CHIȘINĂU

MD 2001, mun. Chișinău, str. A.Hijdeu 49, Tel. +373 22 574300; Fax. + 373 22 574300,
<http://www.cspchisinau.md>, e-mail: csp.chisinau@ms.md, IDNO 1006601004068

18.05.18 Nr. 12/5-9-1971

La nr. _____ din _____

Către Consiliul Științific
Specializat DH 331.02
pe lângă Centru Național
de Sănătate Publică

Prin prezenta, Centrul de Sănătate Publică Chisinau confirmă că, **GHIDUL**
"METODOLOGIA MONITORIZĂRII SURSELOR NATURALE DE RADON
(²²²Rn) ȘI EVALUAREA RISCULUI RADIOLOGIC PENTRU POPULAȚIA
EXPUSĂ", elaborat în cadrul investigațiilor la teza de doctor în medicină cu tema
„Estimarea riscului de expunere a populației Republicii Moldova la sursele naturale
de radiații ionizante” a doctorandului CNSP dlui Serghei Vîrlan, examinat și aprobat
la Consiliul de Experți al Ministerului Sănătății din Republica Moldova (proces
verbal nr. 3 din 18 iunie 2014) și aprobat prin Hotărârea Medicului-șef sanitar de Stat
al Republicii Moldova nr. 4 din 01.12.2014, a fost implementat în perioada 2015-
2016 în practica laboratorului Igiena Radiațiilor din cadrul secției Radioprotecție al
CSP Chișinău.

Medic șef al CSP Chișinău,
Dr. st. med.



Ex. V. Bălănel

022-573-352

Luminița SUVEICĂ

Luminița SUVEICĂ

ACTUL nr. 24/18

privind implementarea Ghidului practic:

„Metodologia monitorizării surselor naturale de radon (^{222}Rn) și evaluarea riscului radiologic pentru populația expusă”.

Autori: Vîrlan S., Corețchi Liuba, Bahnarel I. ș.a.

Locul implementării: Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu”, Catedra Igienă Generală.

Șef Catedră,
dr. hab., prof. univ.



Gr. FRIPTULEAC

A luat cunoștință de
data implementării



autorul (ii)

Liuba Corețchi

08.12.2014



Semnătură *Friptuleac*
Confirm
Serviciul resurse umane *Liuba*

ACTUL nr. 4/08

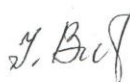
privind implementarea Ghidului practic:

„Metodologia monitorizării surselor naturale de radon (^{222}Rn) și evaluarea riscului radiologic pentru populația expusă”.

Autori: Vîrlan S., Corețchi Liuba, Bahnarel I. ș.a.

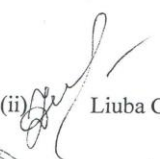
Locul implementării: Universitatea de Stat de Medicină și
Farmacie „Nicolae Testemițanu”, Catedra
Igienă Generală.

Șef Catedră,
dr. hab., prof. univ.



Ion BAHNAREL

A luat cunoștință de
data implementării

autorul (ii)  Liuba Corețchi

08.12.2014





MINISTERUL SĂNĂTĂȚII AL REPUBLICII MOLDOVA

MEDICUL ȘEF SANITAR DE STAT AL REPUBLICII MOLDOVA

HOTĂRÎRE
mun. Chișinău

„01” „12” 2014

nr. 4

Cu privire la aprobarea Ghidului
„Metodologia monitorizării surselor naturale
de radon (^{222}Rn) și evaluarea riscului
radiologic pentru populația expusă”

În scopul asigurării supravegherii de stat a sănătății publice la compartimentul evaluarea riscului radiologic pentru populația expusă, în conformitate cu prevederile art.17 al Legii nr.10-XVI din 03 februarie 2009 privind supravegherea de stat a sănătății publice, (Monitorul Oficial al Republicii Moldova, 2009, nr. 67),

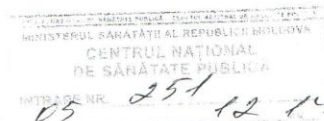
HOTĂRĂSC:

1. Se aprobă Ghidul „Metodologia monitorizării surselor naturale de radon (^{222}Rn) și evaluarea riscului radiologic pentru populația expusă”, (se anexează).

2. Medicul șef adjunct sanitar de stat al Republicii Moldova, Directorul general al Centrului Național de Sănătate Publică, dl Mihail Pîsla, va asigura aplicarea în activitatea Serviciului de Supraveghere de Stat a Sănătății Publice a Ghidului nominalizat și controlul executării prezentei Hotărâri.

Viceministru,
Medic șef sanitar de stat

Svetlana COTELEA





REPUBLICA MOLDOVA

Agenția de Stat pentru
Proprietatea Intelectuală

CERTIFICAT

DE ÎNREGISTRARE A OBIECTELOR
DREPTULUI DE AUTOR ȘI DREPTURILOR CONEXE

SERIA OȘ NR. 5478

DIN 01.11.2016

Eliberat în temeiul Legii nr.139/2010 privind dreptul de autor
și drepturile conexe, obiectul de pe verso a fost înregistrat în Registrul
de Stat al obiectelor protejate de dreptul de autor și drepturile conexe



Director General

Handwritten signature

CHIȘINĂU

Seria: OȘ (operă științifică)

Numărul de înregistrare: 5478

Data înregistrării: 07.10.2016

Numărul cererii: 219

Denumirea obiectului: „METODOLOGIA MONITORIZĂRII SURSELOR
NATURALE DE RADON (^{222}Rn) ȘI EVALUAREA
RISCULUI RADIOLOGIC PENTRU POPULAȚIA
EXPUSĂ”

Autori:

Vîrlan Serghei **IDNP:** 2002027052215

Corețchi Liuba **IDNP:** 0970411886709

Bahnarel Ion **IDNP:** 0961605018697

Ursulean Ion **IDNP:** 0962311548146

Roșca Andrei **IDNP:** 0972612015030

Apostol Ion **IDNP:** 0953107896055

Plăvan Irina **IDNP:** 2000015082965

Titularii drepturilor patrimoniale:

Vîrlan Serghei **IDNP:** 2002027052215

Corețchi Liuba **IDNP:** 0970411886709

Bahnarel Ion **IDNP:** 0961605018697

Ursulean Ion **IDNP:** 0962311548146

Roșca Andrei **IDNP:** 0972612015030

Apostol Ion **IDNP:** 0953107896055

Plăvan Irina **IDNP:** 2000015082965

L.S.

Sef Directie Drept de Autor





REPUBLICA MOLDOVA

Agencia de Stat pentru
Proprietatea Intelectuala

CERTIFICAT

DE ÎNREGISTRARE A OBIECTELOR
DREPTULUI DE AUTOR ȘI DREPTURILOR CONEXE

SERIA OȘ NR. 5599

DIN 13.04.2017

Eliberat în temeiul Legii nr.139/2010 privind dreptul de autor
și drepturile conexe, obiectul de pe verso a fost înregistrat în Registrul
de Stat al obiectelor protejate de dreptul de autor și drepturile conexe



Director General

CHIȘINĂU

Seria: OȘ (operă științifică)

Numărul de înregistrare: 5599

Data înregistrării: 13.03.2017

Numărul cererii: 341

Denumirea obiectului: „Monitorizarea surselor de radiații ionizate”

Autori:

Corețchi Liuba **IDNP:** 0970411886709

Bahnarel Ion **IDNP:** 0961605018697

Ursulean Ion **IDNP:** 0962311548146

Cojocari Alexandra **IDNP:** 2002002072874

Plăvan Irina **IDNP:** 2000015082965

Vîrlan Serghei **IDNP:** 2002027052215

Titularii drepturilor patrimoniale:

Corețchi Liuba **IDNP:** 0970411886709

Bahnarel Ion **IDNP:** 0961605018697

Ursulean Ion **IDNP:** 0962311548146

Cojocari Alexandra **IDNP:** 2002002072874

Plăvan Irina **IDNP:** 2000015082965

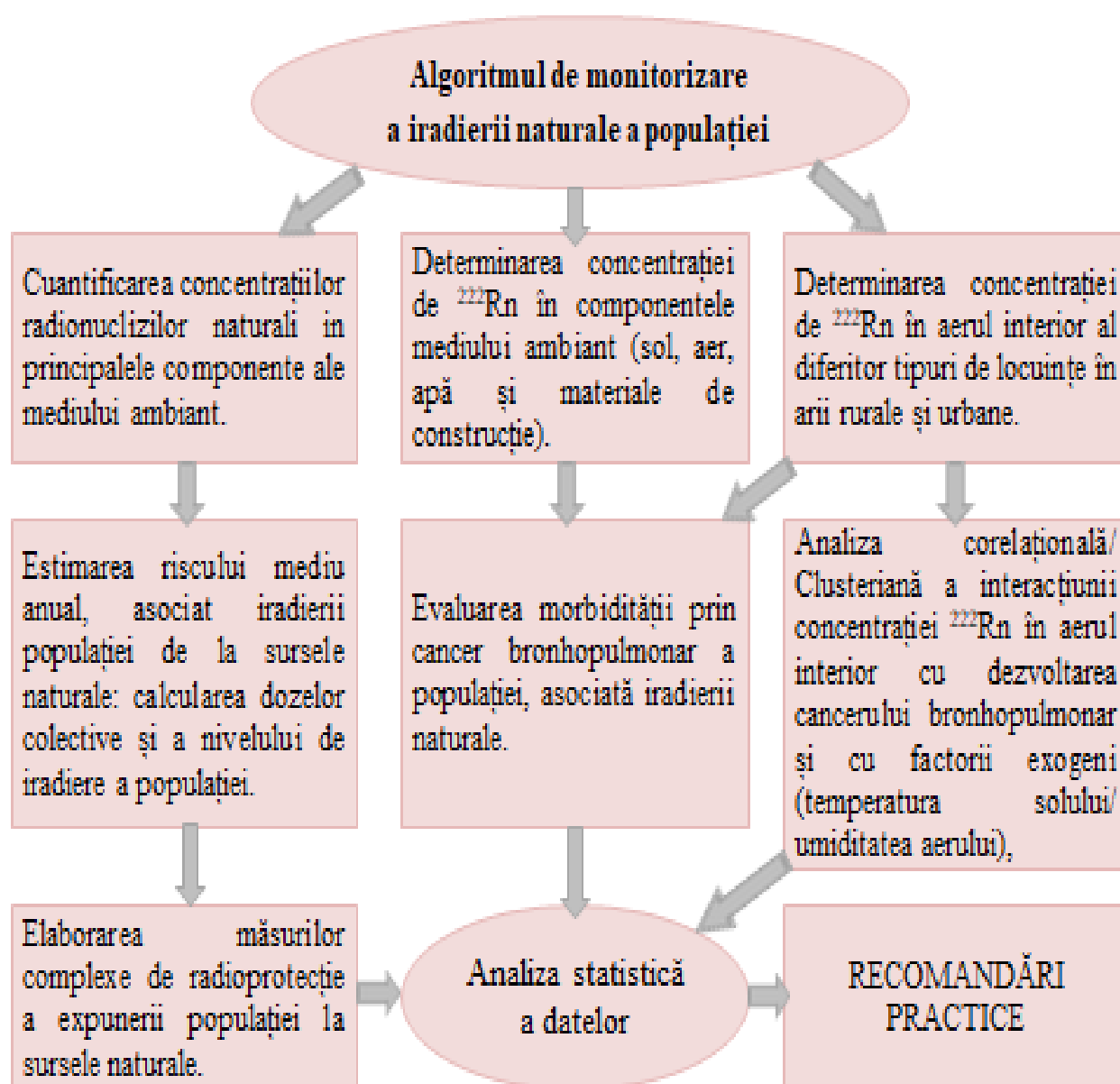
Vîrlan Serghei **IDNP:** 2002027052215

L.Ș.



Șef Direcție Drept de Autor





Algoritmul de monitorizare a iradierii naturale a populației

DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII

Subsemnatul, declar pe răspundere personală că materialele prezentate în teza de doctor sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice. Conștientizez că, în caz contrar, urmează să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

Vîrlan Serghei

Semnătura

Data

Curriculum vitae al autorului

Nume: Vîrlan
Prenume: Serghei
Data, luna, anul nașterii: 22.11.1985.
Locul nașterii: r-l Orhei, s. Isacova



Studii:

11.11.2011– Doctorand

Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu“, Chișinău

Domenii: radioprotecție, sănătate publică, promovarea sănătății, management medical, epidemiologie, biostatistica, igienă.

01.11.2010–31.07.2011: Medic în Sănătate Publică

Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu“, Chișinău

Domenii: Sănătate publică, promovarea sănătății, management medical, medicină socială, igienă, epidemiologie, microbiologie, etc.

01.09.2004–14.06.2010: Student în Sănătate Publică

Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu“, Chișinău

Domenii: Sănătate Publică, terapie, chirurgie, pediatrie, boli infecțioase, cardiologie, neurologie, pulmonologie, nefrologie, traumatologie, obstetrica, ginecologie, psihiatrie, igiena, microbiologie, epidemiologie, etc.

1993-2002 – Școala medie de cultură generală din s. Isacova.

2002-2004 – Liceul din s. Isacova.

Stagii:

1. Regional Training Workshop on Developing and Implementing National Programmes for Control of Public Exposure to Radon”, Sofia, Bulgaria, în perioada 13 – 17 octombrie 2014.
2. Regional Training Workshop on radon monitoring at workplaces and as element of national Action Plan, 22-28 may 2016, Talin, Estonia.

Activitatea profesională:

02.11.2016– Prezent: Reprezentant Medical Actavis Pharma, Inc, Chișinău

02.08.2011–28.10.2016: Medic sănătate publică, cercetare științifică Asistent
Centrul Național de Sănătate Publică, Chișinău

22.09.2010–02.08.2011: Cercetător științific stagiar,
Centrul Național de Sănătate Publică, Chișinău

06.04.2009–22.09.2010: laborant superior,
Centrul Național de Sănătate Publică, Chișinău

Participări la foruri științifice:

1. International Conference of Young Researchers, Chișinău Moldova, 23 noiembrie, 2012.
2. First East European Radon Symposium - FERAS 2012, Cluj-Napoca, Romania, 2012.

4. The 6th Annual International Conference on Sustainable Development Through Nuclear Research and Education, Pitești, România, Institute for Nuclear Research, 2013.
5. Conferința Națională a Societății Române de Radioprotecție, București, 13 noiembrie, 2013.
6. Conferința Națională a Societății Române de Radioprotecție. Actualități în radioprotecție: Directiva Consiliului Euratom 2013, București, 2014.
7. 4th European IRPA Congress, Geneva, Switzerland, 23-27 iunie, 2014.
8. Regional Training Workshop on Developing and Implementing National Programmes for Control of Public Exposure to Radon, Sofia, Bulgaria 2014.
9. Congresul IV Național de Oncologie, 8-9 octombrie, 2015, Chișinău.
10. Fourth International Conference On Radiation And Applications In Various Fields Of Research, RAD 2016, 23-27 May, Serbia, Nis.
11. Fifth International Conference On Radiation And Applications In Various Fields Of Research, RAD 2017, 12-16 June, 2017, Budva, Montenegro.

Lucrări științifice publicate:

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

Participări la proiecte științifice naționale și internaționale în calitate de executor:

Naționale:

1. "Stabilirea efectelor medico-biologice ale radiațiilor ionizante"
2. "Stabilirea riscului pentru sănătate determinat de poluarea mediului ambiental cu radionuclizi naturali și tehnogeni cu elaborarea tehnologiilor de bioremediere a solurilor radiocontaminate (proiect instituțional)".
3. "Stabilirea riscului pentru sănătate, cauzat de acțiunea radiațiilor ionizante și elaborarea măsurilor de diminuare a expunerii populației".

Proiectele pentru tineri cercetători:

"Stabilirea corelării dintre tipul solurilor și concentrațiile de radon" (proiect pentru tineri cercetători). Durata executării: 01. 01.2010-31.12. 2011. Nr. înregistrare de stat: 264.IND

Internaționale:

"Establishing Enhanced Approaches to the Control of Public Exposure to Radon" (Proiect de cooperare tehnică cu AIEA RER.9.127). Durata executării: 2014 – 2015.

Premii și mențiuni:

Diplome și mulțumiri din partea Ministerului Sănătății al Republicii Moldova și Centrului Național de Sănătate Publică.

Certificate de participare la Conferințe naționale și internaționale ale tinerilor cercetători.

Certificate de participare la Simpozioane naționale și internaționale de invenție și transfer tehnologic.

Date de contact:

Adresă domiciliu: 1C.70 Ion Cassian-Suruceanu Street, MD 2048 Chișinău (Moldova)

Tel. +37369135032

Email: sergiuvirlan@mail.ru