

RADIAȚIILE ȘI MEDIUL ÎNCONJURĂTOR

Conf.univ.dr. NICOLAE LUDUȘAN
Masterand MONICA ANGELA LUDUȘAN

Motivație

Dacă până în preajma celui de-al doilea război mondial elementele radioactive au fost subordonate, ca importanță, multor alte metale, începând din anul 1938, odată cu descoperirea și anticiparea importanței fisiunii nucleare, aceste elemente (în mod deosebit uraniul) au fost "redescoperite", devenind pionierii unei noi surse de energie.

Spre energia nucleară și-au îndreptat atenția o serie întreagă de cercetători, la început cercetările fiind dirijate către scopuri militare (producerea armelor nucleare) iar mai târziu și către cele din domeniul civil, în principal pentru generarea energiei electrice pe baza combustibililor nucleari.

În paralel, au fost elaborate și publicate un număr impresionant de lucrări științifice tehnice de specialitate cu referire la proprietățile și întrebunțările elementelor radioactive, care însă, cu mici excepții, nu au fost și nici nu sunt accesibile și la îndemâna unui larg cerc de cititori.

Acest fapt are drept consecință o informare adesea "după ureche" și totodată o exagerare a prezenței și impactului radiațiilor asupra mediului înconjurător.

Articolul de față își propune să sintetizeze, într-un limbaj pe cât posibil "scuturat" de terminologia științifico-tehnică de specialitate, aspectele teoretice ale problemei, cu referiri, în partea finală, asupra accidentului nuclear de la Cernobîl și a posibilelor surse de iradiere suplimentară de pe teritoriul județului Alba.

1. Radiații și elemente radioactive

Cea mai simplă definiție care poate fi dată radiațiilor se poate formula astfel: *radiațiile reprezintă o emisie de unde sonore, electromagnetice, etc. sau de particule care se propagă sub forma de raze în toate direcțiile* [conform: *Dicționarului explicativ al limbii române*, Editura Academiei, București, 1975].

Pornind de la aceasta definiție se poate ușor deduce că mediul înconjurător este permanent străbătut de o gamă largă de radiații, începând cu cele sonore și terminând cu partea opusă a spectrului, respectiv cu radiațiile emise în cursul proceselor de dezintegrare radioactivă (fig.1), însă nu toate aceste radiații au același impact asupra componentelor mediului.

Spre exemplu, undele electromagnetice nu au nici un fel de influență asupra lumii înconjurătoare, pe când undele sonore sau anumite porțiuni ale spectrului luminii (spectrul infraroșu sau ultraviolet) afectează, într-o măsură mai mare sau mai mică, anumite componente ale mediului.

Cele mai agresive în ceea ce privește impactul, în special asupra lumii vii, vegetale sau animale, sunt radiațiile produse în cursul proceselor de dezintegrare radioactivă (reacții de fisiune nucleară), acestea fiind cele care, în limbaj uzual, sunt denumite **radiații**, spre deosebire de celelalte tipuri de radiații, pentru care se folosește frecvent termenul de **unde**, terminologie care va fi utilizată în capitolele următoare ale lucrării.

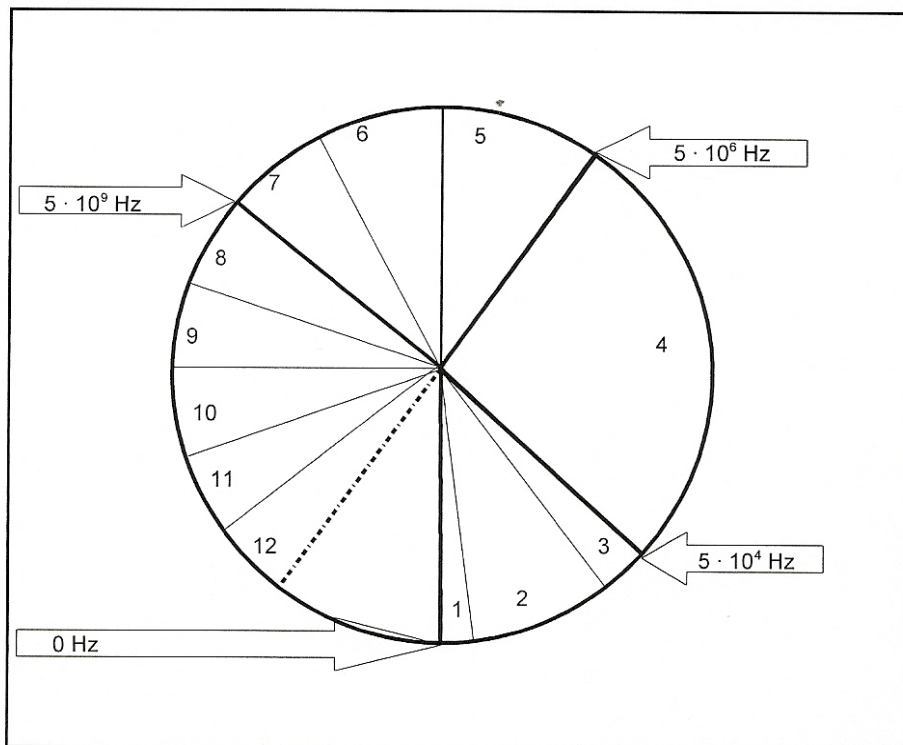


Fig. 1. Clasificarea radiațiilor în funcție de frecvența de oscilație a undelor sau a particulelor
 1-infrasunete; 2-unde sonore; 3-ultrasunete; 4-unde electromagnetice; 5-radiații infraroșii
 6- radiații luminoase; 7-radiații ultraviolete; 8-radiații X; 9-radiații neutronice; 10-radiații γ ;
 11-radiații β ; 12-radiații α

1.1. Fisiunea nucleară și emisia de radiații

Materia este alcătuită din elemente a căror unitate de bază este atomul, alcătuit la rândul lui dintr-un nucleu în jurul căruia gravitează particule cu sarcină electrică negativă, respectiv electroni. Nucleul însuși este format din nucleoni, respectiv particule cu sarcină electrică pozitivă (protoni) sau fără sarcină electrică (neutroni).

Atomii celor mai multe elemente sunt stabili, în sensul că există un echilibru între protonii și neutronii din nucleu, respectiv între forțele nucleare de atracție și cele de respingere, suma protonilor și neutronilor reprezentând **numărul de masă** al elementului chimic respectiv. Cele mai multe specii de atomi se pot caracteriza prin numele atomului și numărul de masă. Spre exemplu, Li^7 reprezintă simbolul atomului de litiu care

are în componența nucleului 3 protoni (număr atomic) și 4 neutroni, C^{12} este carbonul cu 6 protoni și 6 neutroni, Pb^{208} este plumbul cu 82 protoni și 126 neutroni.

Există însă frecvent în natură nuclee ale aceluiași element chimic cu numere diferite de neutroni și care poartă numele de izotopi.

Elementul chimic uraniu (U) este prezent în natură sub forma a trei astfel de izotopi, respectiv U^{238} (U I), U^{235} (AcU = *actinouraniu*) și U^{234} (U II), în amestecul natural care reprezintă uraniul metalic cei trei izotopi fiind prezenți în următoarele proporții: $\text{U}^{238}=99,274\%$; $\text{U}^{235}=0,72\%$; $\text{U}^{234}=0,051\%$.

Dintre cei trei izotopi naturali ai uraniului, doar U^{235} are proprietatea de a fisiona. Acest proces de fisiune constă în "ruperea" atomului de uraniu în două părți în urma "ciocnirii" cu un neutron provenit din afara atomului, rezultând în final doi atomi ai

altor elemente chimice și punându-se în libertate doi neutroni, proces care poartă denumirea de **reacție de fisiune**.

Procesul de fisiune poate fi asimilat cu ruperea unei picături de apă în două picături mai mici în urma unor perturbații, model imaginat de fizicienii BOHR și WHEELER (fig 2.).

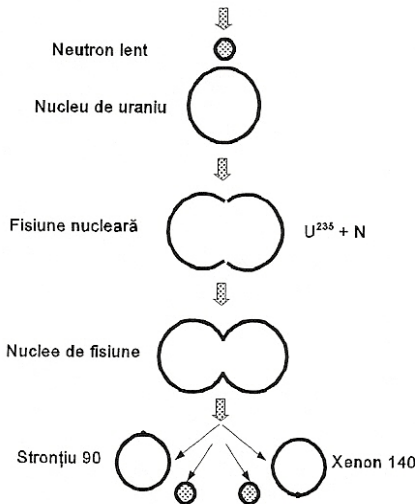


Fig. 2. Fisiunea uraniului 235 ilustrată prin modelul picăturii de lichid (după I. Niederkorn, 1980)

Neutronii emiși în urma reacției pot, în anumite condiții, să reacționeze cu alte nuclee de uraniu-235, inițiindu-se astfel reacția de dezintegrare în lanț, care va continua până la consumarea întregii cantități de U^{235} (fig.3). În momentul dezintegrării atomului, pe lângă punerea în libertate a unor neutroni are loc și fenomenul de emisie a patru tipuri de radiație, și anume:

- **radiațiile alfa (α)**, emisii de particule grele, cu sarcină electrică pozitivă, cu viteză de propagare mare (10.000-20.000 km/s), cu rază de acțiune mică, putând fi oprite de un ecran constituit dintr-o coală de hârtie;

- **radiațiile beta (β)**, emisii de particule negative (electroni) cu viteză de propagare aproape de viteza luminii, cu o rază de acțiune mai mare decât a radiațiilor α , putând fi oprite de un ecran din folie de aluminiu cu grosime de 4-5 mm.;

- **radiațiile gamma (γ)**, emisii de energie de natură complexă care se propagă cu viteza luminii, cu putere de penetrație mare, putând fi oprite doar de ecrane de plumb cu grosimea de 12 mm. sau de aluminiu cu grosimea de 55 mm.;

- **radiațiile X (roentgen)** au proprietăți similare cu cele ale radiațiilor γ , dar cu energie și putere de penetrație mai mică.

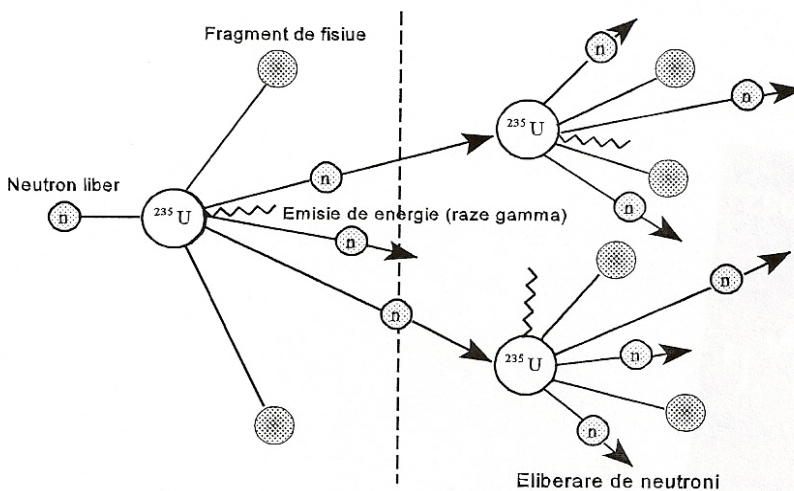


Fig. 3. Schema reacției de dezintegrare în lanț

1.2. Elemente radioactive

Având în vedere faptul că radiațiile care iau naștere în procesul de dezintegrare, dacă sunt captate în instalații speciale (reactoare atomice), pot fi obligate să-și cedeze energia sub forma de căldură, elementele radioactive constituie o sursă importantă de energie, fapt care a dus la intensificarea cercetărilor în acest domeniu. În urma acestor cercetări s-a stabilit că majoritatea elementelor chimice au și izotopi radioactivi, însă puțini din aceștia se găsesc în natură în cantități suficiente încât să poată fi folosiți drept combustibili nucleari, mai ales că o parte însemnată dintre aceștia iau naștere în diferitele etape ale reacțiilor de dezintegrare.

Funcție de această situație, elementele radioactive pot fi clasificate în două grupe:

1.2.1. Elemente radioactive naturale

Această grupă cuprinde elemente ale caror izotopi radioactivi apar în scoarța terestră sub forma unor compuși chimici complecși.

Uraniul, prin izotopul său natural U^{235} , ocupă primul loc în ceea ce privește utilizarea tehnică, atât în producerea de energie electrică, cât și în reactoare nucleare de fisiune care propulsează submarine și nave maritime. În ceea ce privește răspândirea uraniului în scoarța terestră, ea este aproape cât a cuprului, de două ori cât cea a zincului și de patru ori cât a plumbului, elementul fiind prezent în toate tipurile de formațiuni geologice. În prezent producția mondială de uraniu este apreciată la circa 300.000 tone/an (calculate în oxid de uraniu - U_3O_8), principalele țări producătoare fiind SUA, Rusia, Canada și Africa de Sud.

Nu este lipsit de interes menționarea faptului că dintr-o tonă de *pechblendă*, ce reprezintă principalul minereu de uraniu, se extrag 75 kg. de oxid de uraniu, din care rezultă 65 kg. de uraniu cu conținut de 450 g. U^{235} , acesta având o putere de explozie echivalentă cu cea a 900 tone de trinitroluen

sau că un kg. de uraniu înmagazinează tot atât energie cât și 3000 tone de combustibil convențional.

Toriul este prezent în scoarța terestră într-o proporție estimată la 0,001-0,0015 %, deci o cantitate comparabilă cu cea a plumbului. Zăcămintele de toriu cunoscute le depășesc cantitativ pe cele de uraniu, însă condițiile economice de valorificare a diferitelor tipuri de minereuri sunt foarte complexe și costisitoare, așa încât nu este încă folosit în industria energetică.

Radiul, poloniul, radonul, actiniul, protactiniul, plutoniul și neptuniul prezintă, la rândul lor, izotopi naturali, însă răspândirea lor în scoarța terestră este infimă și de cele mai multe ori apar asociați cu minereurile de uraniu.

1.2.2. Elementele radioactive de dezintegrare

Aceste elemente iau naștere în urma reacției de fisiune a uraniului, când rezultă două nuclee mai ușoare, fiind date ca exemplu nucleele de stronțiu-90 și de xenon-140, care, la rândul lor, sunt izotopi radioactivi ce continuă reacția de fisiune.

Pe parcursul dezintegrării uraniului pot rezulta și alți izotopi radioactivi, care nu apar în stare naturală, cei mai importanți fiind cei de *cesiu*, *ytriu*, *niobiu*, *zirconi*, *bariu*, *iod*, *ruteniu*, *ceriu* și *prometi*.

1.3. Radiația naturală

Radiația de origine naturală este prezentă în tot mediul înconjurător, fie provenind din spațiul cosmic fie din faptul că Pământul însuși este radioactiv, astfel că fiecare organism este expus la radiația naturală într-o măsură mai mare sau mai mică.

Radiația cosmică, după unii specialiști, ar proveni în cea mai mare parte din galaxia noastră, alții susținând proveniența extragalactică a acesteia. Cert este însă că o cantitate importantă de radiație provine de la Soare, întrucât radiațiile de origine nedeterminată sunt practic constante ca

număr și intensitate, pe când cele care vin de la Soare sunt emise cu preponderență în timpul erupțiilor solare.

Odată cu pătrunderea în atmosferă, radiația cosmică este absorbită de către aceasta în mod gradat, astfel că doza descrește pe măsură ce scade altitudinea. Numărul particulelor cosmice care intră în atmosferă este afectat și de câmpul magnetic al Pământului, ceea ce duce la descreșterea intensității radiației de la poli spre ecuator.

Radiația terestră se datorează faptului că toate componentele care alcătuiesc scoarța terestră (minerale, roci) sunt radioactive, vehiculându-se chiar ideea că energia rezultată din radioactivitatea naturală din interiorul Pământului ar contribui la mișcările scoarței. Radionuclizii care contribuie în cea mai mare parte la radiația terestră sunt reprezentați de *uraniu* și *potasiu*.

Uraniul este dispersat în sol și în roci în concentrații mici, iar acolo unde atinge concentrații de peste 1500 ppm. (părți per milion), formează zăcăminte care pot fi exploatare economic. Uraniul-238 este capul unei lungi serii de radionuclizi ai diferitelor elemente care se transformă succesiv până ajung la nuclidul stabil plumb-206, printru produsele timpurii de dezintegrare fiind prezent un izotop al unui gaz radioactiv, respectiv *radon-222*, din care o parte difuzează în atmosferă unde continuă să se dezintegreze.

Toriul este și el dispersat în scoarța terestră, în timpul dezintegrării dând naștere unui alt gaz radioactiv care difuzează în atmosferă, *radon-220*, cunoscut și sub numele de *toron*.

1.4. Radiația de origine artificială

Tehnica modernă folosește pe scară largă proprietatea de dezintegrare a unor izotopi naturali, însă utilizarea în sine a acestei proprietăți, precum și a produsele finale rezultate în urma folosirii ei, duc la creșterea dozei de radiație primită de organismul uman.

Tratamentele medicale folosesc pe scară largă instalațiile de *radiații X*, acestea constituind cele mai cunoscute surse de radiație artificială, fiind folosite într-o varietate de procedee de diagnostic, de la simple radiografiile ale toracelui la studii dinamice complicate asupra inimii.

Pacienților li se pot administra și radionuclizi cu scopuri de investigație, frecvent folosit fiind *tehneciul-99*, care are timp de înjumătățire scurt și se folosește la examinări de tomografii ale creierului și oaselor.

Radiațiile mai sunt utilizate și în scopuri terapeutice, fiind cunoscută metoda de tratare a cancerului prin iradierea puternică a țesuturilor maligne în scopul împiedicării funcționării celulelor tumorii.

Tot în scopuri terapeutice, radionuclizii sunt administrați sub formă de medicamente pentru tratamentul cancerului tiroidian.

Depunerile radioactive, provenite în urma experiențelor nucleare, sunt răspândite în toată lumea ca rezultat al desfășurării acestor experimente în atmosferă, acțiune care a dus la **depunerea pe Pământ a aproape 3 tone de plutoniu-239** și la apariția unei mari varietăți de radionuclizi, cum ar fi: *carbon-16*, *stronțiu-90* și *cesiu - 137*.

O parte însemnată din radioactivitate este inițial injectată în părțile superioare ale atmosferei, de unde este transferată încet în părțile inferioare și de aici spre Pământ, rezultând așa numita **depunere radioactivă**.

După semnarea, în anul 1963, a *Tratatului de interzicere a experiențelor nucleare în atmosferă*, activitatea radioactivă din atmosfera superioară a scăzut considerabil, deși scăderea este stopată uneori de experiențele efectuate de către țările ne semnate ale tratatului.

Deversațiile în mediu provin în special de la industria energetică nucleară și, într-o măsură mai mică, de la unitățile de cercetare și de la unitățile spitalicești.

Uraniul necesar reactoarelor nucleare este preparat mai întâi sub formă de

combustibil, folosit ulterior în reactor și apoi reprocessat, în fiecare din cele trei etape fiind "deversată" radioactivitate în aer și în apele de suprafață sub formă de gaze radioactive și aerosoli.

Doza de radiație primită de populație depinde de natura și radioactivitatea radionuclizilor eliberați, de modul în care sunt dispersați în mediu, de reședință, modul de viață și obiceiurile alimentare ale persoanelor în cauză.

Aceste deversări sunt supuse unor restricții legale, fiind controlate, și se încearcă reducerea lor continuă, operație care necesită cheltuieli suplimentare iar limita la care se impune reducerea reprezintă una din îndatoririle factorilor de decizie.

În aer și în apele de suprafață mai există deversări controlate, de natură minoră, provocate de diferitele institute de cercetări, de apărare, industriale sau medicale și chiar dacă radiațiile provocate de acestea au o acțiune neglijabilă, sunt și ele expuse acelorași restricții legale ca și deversările provenite din programul energetic nuclear.

Expunerea profesională se datorează faptului că radiația de origine artificială este larg răspândită în industrie, pentru controlul proceselor și al calității produselor, în scopuri de diagnostic medical și ca mijloc important de studiu în universități și institute de cercetări.

Ca urmare, există un număr destul de mare de procese care expun anumite persoane la radiații suplimentare, pe lângă cele provenite din mediul înconjurător sau din industria energiei nucleare.

În plus, mai există persoane, în special cele care lucrează în minele necarbonifere și personalul navigant aerian, care sunt expuse la nivele ridicate de radiație naturală.

Expunerile accidentale se repercutază asupra persoanelor care vin în contact cu radiația provenită de la surse naturale sau artificiale, cum ar fi: ceasurile luminescente cu substanțe radioactive, receptoarele de televiziune, radiația cosmică acumulată în timpul călătoriilor cu avionul, precum și

expunerea populației la radioactivitatea dispersată în mediu de cenușa evacuată în atmosferă în timpul arderii cărbunilor.

Dozele de radiație acumulate de purtătorii de ceasuri luminescente sunt în scădere, pe măsură ce se folosesc radionuclizi mai puțin periculoși, la fel ca și cele datorate televizoarelor, deoarece tuburile cinescop sunt din ce în ce mai bine ecranate.

Surplusul de radiație provenită din spațiul cosmic, pe care îl primesc persoanele aflate în avion, crește proporțional cu creșterea numărului de călătorii.

1.5. Cuantificarea radiațiilor

Radiațiile prezente în mediul înconjurător nu pot fi percepute direct de către analizatorii senzitivi umani, dar pot fi detectate și măsurate printr-o gamă largă de mijloace, cum ar fi: filme fotografice, substanțe termoluminescente, contori Geiger, detectoare cu scintilație etc., toate acestea punând în evidență anumite efecte ale radiațiilor.

Energia cu care sunt emise radiațiile se exprimă în mod obișnuit în unitatea de măsură numită **electron-volt (eV)**, un eV fiind echivalentul energiei câștigată de un electron care străbate o diferență de potențial de un volt. În mod frecvent sunt folosiți multipli ai acestei unități, în special **megaelectron-voltul (MeV)**, echivalentul a un milion de electron-volți.

Spre exemplu, energia unei particule alfa emisă de poloniu-210 este de circa 5,3 MeV.

Activitatea unei cantități de radionuclizi este dată de rata cu care se produce dezintegrarea spontană și se exprimă printr-o unitate de măsură numită **becquerel (Bq)**, după numele savantului francez A.E.BEQUEREL, descoperitorul radioactivității în anul 1896.

Un Bq corspunde unei dezintegrări pe secundă, în mod frecvent fiind folosiți multipli ai acestuia, în special **megabequerelul (MBq)**

2. Impactul radiațiilor asupra componentelor mediului înconjurător

Atunci când un fascicul de radiații pătrunde într-o substanță, particulele α și β , fiind încărcate, pierd energia prin interacții electrice cu atomii pe lângă care trec. Radiațiile γ și x își transformă energia prin eliberarea unui electron care, ulterior, pierde energia prin interacții electrice, iar neutronii pierd energia în diferite moduri, cel mai frecven prin ciocnirea cu nuclee de hidrogen, care nu sunt altceva decât protoni, aceștia sunt puși în mișcare și fiind încărcăți, pierd la rândul lor energie prin interacții electrice. Într-o astfel de interacție electrică, un electron este expulzat din atomul unei molecule, lăsând molecula încărcată pozitiv, proces care poartă numele de ionizare.

La trecerea unei particule încărcate printre atomi, ea poate ceda energie atomilor, fără ca electronii să fie expulzați, fenomen numit excitație, energia cedată substanței de către radiație fiind în cele din urmă disipată sub formă de căldura. Privite sub acest aspect, radiațiile influențează teoretic toate componentele mediului înconjurător.

2.1. Impactul radiațiilor asupra componentelor abiotice

În cazul litosferei, așa cum s-a mai arătat, energia radiațiilor ar putea fi responsabilă de manifestarea proceselor tectonice la scară globală (orogeneză, activități vulcanice, deriva plăcilor) dar pot să determine și deranjamente în rețeaua cristalină a unor minerale, care astfel își schimbă unele proprietăți. Este cunoscut în acest sens cazul *ametistului*, care nu este altceva decât *cuarț*, culoarea violetă fiind rezultatul deranjamentelor din rețeaua cristalină provocate de impactul radiațiilor.

Atmosfera, la rândul ei, este afectată de prezența radiațiilor, datorită fenomenului de ionizare a aerului care poate duce la unele modificări climatice, însă efectul radiațiilor este foarte greu decelabil din multitudinea

factorilor care participă la aceste modificări.

Celelalte componente abiotice, respectiv hidrosfera și solurile, se pare că nu suferă modificări deosebite la impactul cu radiațiile, însă prezența elementelor radioactive în compoziția acestora se resfrânge asupra componentelor biotice în urma schimbului de substanță care are loc între ele, efectele negative prezentând o manifestare evidentă.

2.2. Impactul radiațiilor asupra țesuturilor vii

Efectele de pierdere a energiei radiațiilor prin interacții electrice și de ionizare este ușor de intuit în cazul moleculei de apă, care are 10 protoni și 10 electroni iar după trecerea unei particule încărcate, un electron este expulzat, molecula rămânând cu o sarcină electrică în exces. Aceste molecule se pot transforma în alte entități, de tipul radicalilor liberi, puternic reactivi din punct de vedere chimic și care pot să modifice molecule importante ale unui țesut.

De o importanță cu totul deosebită este acidul dezoxiribonucleic (ADN), localizat în nucleul celulei, rolul lui fiind acela de a controla structura și funcționarea celulei și de a produce replici ale lui însuși. Deși modurile în care radiația afectează celulele nu sunt pe deplin lămurite, s-au putut totuși evidenția două moduri de acțiune a radiațiilor asupra ADN: *fie o modificare chimică directă prin ionizare, fie indirect, prin intermediul unui radical liber, existent în lichidul celulei. În ambele cazuri, modificarea chimică poate sta la baza unui efect biologic dăunător, datorită unui defect puternic localizat sau unui defect global, ambele fiind implicate în tarele genetice și dezvoltarea cancerului.*

Funcție de puterea de penetrație, particulele α având viteză mică, abea pot pătrunde prin suprafața exterioară a pielii, deci radionuclizii care le emit nu sunt periculoși, în afara cazului când ar fi încorporați în organism.

Particulele β pot pătrunde în organism circa 1 cm. și deci radionuclizii care le emit sunt periculoși pentru țesuturile superficiale

dar nu și pentru organele interne, cu excepția cazului când sunt încorporate în ele.

Radiațiile γ , x și **neutronii** trec prin întregul organism și, prin urmare, radionuclizii care le emit pot fi periculoși, atât înafara cât și în interiorul organismului.

2.3. Impactul radiațiilor asupra organismului uman

Așa cum reiese din cele expuse, întreg mediul înconjurător este continuu străbătut de radiații de diverse origini, toate având influență asupra organismului uman, constituit și el din țesuturi vii.

2.3.1. Radiația naturală și organismul uman

Radiația cosmică. Întrucât marea majoritate a populației globului trăiește la altitudini joase, din punct de vedere al radiației cosmice există o variație mică a dozei anuale, datorită latitudinii, aceasta oscilând între 320 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ în zona nordică a Europei și 250 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ în zona mediteraneană.

Împotriva acestei categorii de radiație nu se poate face nimic, pentru a micșora expunerea, deoarece pătrunde ușor prin pereții clădirilor obișnuite.

Radiația terestră. Radiațiile α și β , având o putere de pătrundere destul de mică, influența lor asupra populației este, practic, nulă, influența de bază fiind dată de radiațiile γ , x și gazele radioactive (radon).

Radiația γ emisă de radionuclizii terestrii irradiază întregul organism uman. Având în vedere că materialele de construcție sunt extrase din litosferă, deci sunt radioactive, populația este iradiată atât în casă cât și în aer liber, dozele fiind influențate atât de geologia zonei, cât și de structura clădirilor.

Echivalentul mediu al dozei care provine de la radiația γ este în jur de 400 $\mu\text{Sv}/\text{an}$, însă există variații considerabile în jurul acestei valori, unele persoane primind doze de câteva ori mai mari decât media.

Gazele radioactive, radonul și toronul,

emanate în atmosferă se dispersează în aer în concentrații relativ mici, dar pot pătrune în locuințe prin pereți sau podea și se pot concentra datorită stagnării aerului. Produsele de dezintegrare ale radonului se pot atașa particulelor de praf din aer, care prin inhalare, iradiază plămâni. Se estimează că echivalentul dozei anuale datorat produselor radonului este, în medie, de circa 800 $\mu\text{Sv}/\text{an}$, cu variații pronunțate, existând locuințe particulare în care doza primită de ocupanți este mai mare cu două ordine de mărime.

Este cunoscut, în acest sens, cazul unor locuințe din zona Avram Iancu-Băița (Munții Apuseni), unde intensitatea radiației în interior este în jur de 200 $\mu\text{R}/\text{h}$, spre deosebire de intensitatea fondului natural care se înscrie în limitele a 28-30 $\mu\text{R}/\text{h}$, ceea ce duce la un echivalent al dozei de circa 4.000 $\mu\text{Sv}/\text{an}$. Cauza se află în materialul de construcție al fundației, constituit din șisturi sau gresii cu impregnații de minerale ale elementelor radioactive.

Pentru reducerea dozei în încăperi se poate acționa prin îndepărtarea produselor de dezintegrare din clădire, făcându-se o creștere a ventilației, folosind instalații de purificare a aerului sau prin împiedicarea pătrunderii radonului în locuință, etanșeizând podelele sau îmbunătățind ventilația.

Radioactivitatea alimentelor este dată de prezența în aer, alimente și apă a radionuclizilor, în special plumb-210, poloniu-210 și carbon-14, care sunt ingerați zilnic în organism. Se estimează că doza dată de aceste surse de iradiere internă este de circa 370 $\mu\text{Sv}/\text{an}$, din care potasiul-40 contribuie cu circa 170 $\mu\text{Sv}/\text{an}$.

Există puține posibilități de modificare a expunerii interne dată de acești radionuclizi, cu excepția evitării oricăror alimente sau a apei cu conținut ridicat de elemente radioactive.

Doza totală de radiație acumulată de organismul uman datorată radiației de origine naturală este, în medie, de circa 1870 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ (Tabel 1).

Echivalentul dozei efective anuale medii dată de radiațiile naturale

Tabel nr.1

SURSA	μSv
Radiația cosmică	300
Radiații gamma terestre	400
Produse de dezintegrare ale radonului	800
Altă radiație internă	370
TOTAL	1870

2.3.2. Radiația artificială și organismul uman

Tratamentele medicale datorate în special instalațiilor de radiații X (Röntgen) folosite în spitale dau cea mai mare doză de radiație artificială, întrucât o radiografie simplă poate transfera plămânului un echivalent al dozei de 20 μSv .

În medicină se mai folosesc radionuclizi cu scopuri de investigație sau se utilizează radiații în scopuri terapeutice, pantru tratamentul cancerului.

Se estimează că echivalentul mediu al dozei efective datorat procedurilor medicale este de 250 $\mu\text{Sv}/\text{an}$.

Tratamentele medicale pe bază de radiații pot produce direct vătămări la descendenții pacienților, doza individuală putând fi diminuată prin reducerea fracvenței acestor tratamente, fără ca acesta să dăuneze tratamentului la care este supus pacientul.

Depunerile radioactive de la experiențele cu arme nucleare au o contribuție deosebită la creșterea dozei de radiații, având în vedere că în urma acestor experiențe s-au depus la suprafața scoarței terestre circa 3 tone de plutoniu-239.

O bună parte din radiații este inițial injectată în părțile superioare ale atmosferei, de unde este transferată treptat spre părțile inferioare, iar de aici, prin intermediul precipitațiilor, mult mai rapid, spre Pământ.

Radionuclizii din depunerile radioactive sunt inhalați direct sau incluși în hrană, dând un echivalent al dozei prin iradiere internă de aproximativ 10 $\mu\text{Sv}/\text{an}$, de la un maxim de 80

$\mu\text{Sv}/\text{an}$ la începutul deceniului al VI-lea, când aceste experiențe au fost întrerupte.

Expunerile profesionale contribuie la creșterea echivalentului dozei în cazul persoanelor care lucrează cu surse de radiații, acesta fiind însă limitat prin lege și practic nu poate depăși 50 mSv/an (respectiv 5000 $\mu\text{Sv}/\text{an}$).

Puține persoane ajung însă să primească doze apropiate de această limită (personalul medical 0.7 mSv/an; cel din industria nucleară 2,5 mSv/an; radiologii din industrie 1,7 mSv/an) tendința generală a acestor doze fiind într-o continuă descreștere.

În afară de cei menționați, mai există persoane, în special mineri și personal navigant aerian, care sunt expuse la nivele ridicate de radiație naturală, minerii din exploatarea carboniferă primind în medie doze de circa 26 mSv/an.

Dozele anuale medii primite de populație din partea radiațiilor de origine artificială se înscriu în limitele a 250 $\mu\text{Sv}/\text{an}$, dintre care procedurile medicale constituie pe departe cele mai importante surse de expunere a populației.

2.3.3. Accidentul de la Cernobil

Centrala atomoelectrică de la Cernobil este dotată cu reactoare din prima generație, respectiv de tipul celor cu moderator pe bază de grafit.

În orice tip de reactor, combustibilul nuclear, respectiv uraniul îmbogățit, este introdus sub formă de bare, până la cantitatea la care se atinge masa critică, reacția de fisiune inițindu-se spontan. Pentru a putea fi controlată, între barele de uraniu se introduc bare confecționate din diferite tipuri de moderatori (printre primii folosiți fiind și grafitul) care preiau, sub formă de căldură, energia neutronilor rapizi degajați în timpul reacției de fisiune, pe care o cedează apoi circuitului de răcire în care agentul este apa grea. Pe lângă preluarea energiei, acești moderatori au și rolul de a controla viteza de derulare a reacției de fisiune, ei fiind extrași

automat, în ritm bine calculat, dintre barele de uraniu. Întrucât reacția nu este perfect liniară, pot apare situații în care viteza de reacție să crească sau să scadă, fenomenul fiind sesizat imediat de temperatura agentului de răcire, caz în care se intervine prin introducerea sau extragerea mai rapidă a barelor de material moderator.

Accidentul de la Cernobîl a constat concret într-o astfel de situație în care viteza de reacție, respectiv temperatura din reactor, a început să crească. În momentul intervenției pentru reintroducerea moderatorului care avea rol de încetinire a reacției, s-a constatat blocarea sistemului, temperatura crescând până la punctul de aprindere a grafitului din moderator.

Explozia care a urmat nu a fost o explozie nucleară ci explozia grafitului din moderator, acesta antrenând însă în atmosferă un nor de praf radioactiv, care conținea o serie de izotopi din diferite faze ale dezintegrării uraniului.

Materialul rămas în urma exploziei, având în vedere amestecul combustibilului cu moderatorul, va continua să funcționeze ca un reactor până la epuizarea uraniului, iar dacă rămășițele reactorului sunt bine izolate, impactul asupra mediului se va resimți doar în zonele limitrofe.

Norul radioactiv format în urma exploziei a avut însă efecte destul de serioase asupra întregii Europe, fiind "favorizat" într-o măsură destul de mare de situația meteorologică a momentului. Dacă aceasta ar fi fost normală, mișcarea generală a maselor de aer deasupra Europei, pe direcția vest-est, ar fi dus la deplasarea spre Munții Ural a norului, dar existența, în acel moment, a unui ciclon centrat deasupra Poloniei, a făcut ca ramura nordică a acestuia, cu direcția est-vest, să antreneze norul deasupra Europei centrale.

Aceasta a făcut ca în cazul țării noastre cele mai mari cantități de praf radioactiv să fie semnalate în Depresiunea Transilvaniei, datorită introducerii lui de către ciclon, din Câmpia Panonică prin culuarul Someșului.

Dintre izotopii radioactivi semnalăți în zonă, în cantități mai mari a fost depistat iodul-134, pentru diminuarea efectelor lui fiind administrată populației iodură sub formă de pastile, pantru ca glanda tiroidă să-și "facă plinul" și să nu acumuleze izotopul radioactiv. Iodul-134, având perioada de înjumătățire foarte redusă (circa 4 zile) efectul lui s-a diminuat relativ repede.

Alți izotopi radioactivi de tipul: stronțiu-89, ytriu-91 sau bariu-140, cu timpi de înjumătățire mai mari, au fost antrenați de apele de precipitație în sol și efectul lor se resimte încă și la ora actuală (v. tabel 4).

Pe raza municipiului Alba Iulia, măsurătorile efectuate au indicat un nivel al echivalentului dozei absorbite de fiecare persoană de aproape 3000 μSv , acumulat în decurs de circa o săptămână, după care activitatea s-a diminuat, astfel că raportată la o perioadă de un an, doza absorbită nu depășește doza maxim admisă în cazul expunerii profesionale.

Valorile dozelor medii anuale acumulate de populația României în secolul nostru, de la diferite surse, sunt redată în tabelul nr. 2.

Iradieră organismului în România evaluată prin echivalentul dozei efectiv

Tabel nr. 2

Anii	IRADIEREA (în $\mu\text{Sv}/\text{an}$)			
	Naturală	Suplimentară	Medicală	Profesională
1900	2000	-	-	-
1940	2000	-	100	-
1963	2000	430	300	10
1964	2000	120	300	10
1965	2000	80	300	10
1975	2000	20	300	20
1985	2000	10	500	25
1986	2000	1250	600	25
1987	2000	360	700	30
1988	2000	300	700	30
1989	2000	100	700	30
1990	2000	75	700	30

Datele din tabel comportă câteva explicații referitoare la radiația suplimentară. Aceasta a început să fie determinată începând cu anul 1963, anul interzicerii experiențelor nucleare în atmosferă, ea diminuându-se treptat până la valoarea de 10 μSv în anul 1985, după care apare saltul la 1250 μSv în anul 1986, în urma accidentului de la Cernobil. Pentru perioada următoarelor trei ani, valorile sunt în diminuare treptată, pentru ca în 1990 să ajungă la 75 μSv .

Creșterea ponderii iradierii medicale se datorează utilizării din ce în ce mai frecventă a investigațiilor medicale röntgenometrice și a tratamentelor medicale pe bază de izotopi radioactivi.

3. Surse posibile de iradiere suplimentară în județul Alba

Așa cum s-a arătat anterior, sursele suplimentare de iradiere se constituie din surse naturale (mineralizații, acumulări sau zăcăminte de minerale cu conținuturi în elemente radioactive) și din surse artificiale (obiective industriale).

În ceea ce privește sursele naturale, acestea sunt cantonate exclusiv în zonele montane, respectiv Munții Apuseni și Munții Sebeșului.

În Munții Apuseni se cunosc câteva acumulări, unele chiar de interes industrial, în bazinul superior al văii Arieșului, cum sunt cele cantonate în formațiunile permo-triasice din zona localității Arieșeni (Văile Galbena, Vârciorog, Scorțărița) sau în formațiuni epi- și mezometamorfice, de tipul celor din perimetrul Avram Iancu și Lupșa-Bistra.

În ceea ce privește zăcămintul de tip porfir-cooper de la Roșia Poieni, merită menționat faptul că în masa zăcămintului a fost semnalată prezența a câtorva mici lentile de pechblendă (mineral de uraniu) și un fond natural al intensității radiației gamma ceva mai ridicat (în jur de 40-45 $\mu\text{R/h}$), însă acest aspect este specific tuturor zăcămintelor de cupru și se datorează afinității chimice deosebite a uraniului față de cupru. Raportate

la masa zăcămintului, aceste acumulări sunt cu totul infime și nu constituie o sursă de iradiere suplimentară decât pentru personalul direct antrenat în exploatare.

În cazul Masivului Șureanu sunt puse în evidență câteva zone anormale și mineralizații legate genetic de pegmatite, reprezentate prin asociații de minerale de thoriu și pământuri rare, cu preponderență în bazinul superior al râului Sebeș (Valea Dobra).

Toate aceste acumulări naturale duc la o creștere a activității radioactive, în zonele respective, a apelor de suprafață și freatice, precum și a vegetației, la care, adăugându-se emanațiile de radon, se ajunge la o creștere a efectivului dozei pentru populația din zonă cu valori care pot ajunge până la 3000 $\mu\text{Sv/an}$, prezența acestei radiații naturale suplimentară neputând fi practic eliminată sau diminuată.

În ceea ce privește iradierea suplimentară artificială, pe teritoriul județului nu există nici un obiectiv cu profil nuclear, astfel că, din acest punct de vedere, iradierea suplimentară este inexistentă.

* *
*

Ca o concluzie finală a celor prezentate, se poate afirma că viața pe Pământ a apărut și a evoluat în mediu cu radiații, așa că prezența radiațiilor în anumite doze este benefică, lipsa totală a acestora putând duce la dereglări imprevizibile ale unor procese fiziologice, lanțuri trofice sau forme de viață.

Referitor la echivalentul dozei de radiație naturală, acesta se înscrie în jurul cifrei de 2000 $\mu\text{Sv/an}$, iar doza maxim admisă pentru expunerea profesională este de 5000 $\mu\text{Sv/an}$, doză care poate fi depășită în cazul unei expuneri de scurtă durată cu condiția ca ulterior persoana respectivă să fie scoasă din zona cu radiație suplimentară pentru o perioadă de timp echivalentă cu doza suplimentară primită.

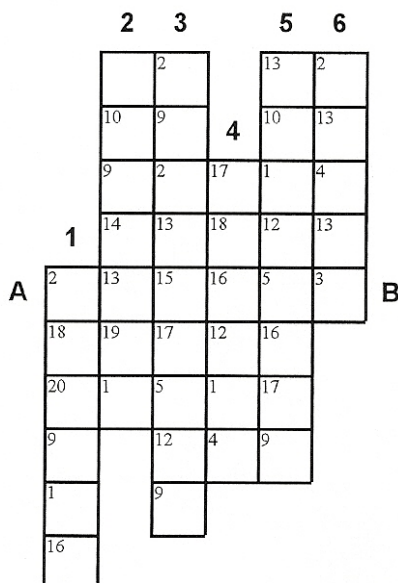
Aceste cifre au fost reluate pentru a putea fi comparate cu echivalentul dozei la care apar primele semne ale bolii de radiație și care se ridică la valoarea de 20 Sv/an (200.000 μ Sv).

BIBLIOGRAFIE

1. AIRINEI ST., *Geofizică*, Universitatea București, 1972
2. BANCIU A.S., *Din istoria descoperirii elementelor chimice*, Ed. Albatros, București, 1981.
3. C.S.E.N., *Norme republicane de securitate nucleară pentru activitățile de cercetare geologică*, 1975.
4. C.S.E.N., *Norme republicane de securitate nucleară pentru transportul materialelor radioactive*, 1975.
5. C.N.P.R. din Marea Britanie, *Trăim cu radiații*, Ed. Tehnică, București, 1989.
6. LIPSON H.S. *Experiențe epocale în fizică*, Ed. Enciclopedică Română, București, 1973.
7. LUDUȘAN N., *Impactul radiațiilor asupra organismului uman*, în "Anales Universitatis Apulensis", Seria Asistență Socială, 1, ISSN 1582-5574, p.34-41, Alba Iulia, 2001.
8. NEDERKORN I., LEMNARU G., *Combustibili nucleari*, Ed. Științifică și Enciclopedică, București, 1980.
9. STOICI S.D., TĂTARU S., *Uraniul și thoriul*, Ed. Tehnică, București, 1988.

JOCURI GEOGRAFICE

APE MINERALE



La o dezlegare corectă, prin înlocuirea cifrelor cu literele corespunzătoare, veți obține, pe orizontala A-B, numele celei mai cunoscute ape minerale de la noi din țară, iar pe verticale:

- 1 = izvor mineral din Banat;
- 2 = alt izvor mineral din Banat;
- 3 = izvor mineral din Carpații Orientali;
- 4 = stațiune balneo-climaterică din Carpații Orientali;
- 5 = stațiune balneo-climaterică în nordul Olteniei;
- 6 = alt izvor mineral din Carpații Orientali.

Prof. Ștefan Hanciu