

Uraniul, radioactivitatea si mediul inconjurator



AUTORI:

- **Murărescu P. Valentin**
- **Scarlat Madalina**
- **Ghioca Daniela**
- **Draghiceanu Oana**
- **Ionescu Lucian**
- **Samson Raluca**
- **Protopopescu Liliana**

ABSTRACT: The radiations and the natural radioactivity have always made part of the environment, but because of the absence of their impact on human's senses, they have relatively late took the attention of scientists.

From the radiations and the radioactive materials, by now, several applications

concerning the radionuclides properties were introduced and also new technologies were created, the result of all these being the radioactive products wanted or not. In consequence any person on the Earth is permanently submitted to the radiations activity which proceed from both natural and artificial sources. In these terms any protection system against radiations must have a well defined domain. The estimation of doses received from every source is a permanent preoccupation of some international and national organizations.

The most important percentage in the total dose of one person's irradiation comes to natural radioactivity, but this is not at all a reason that justifies the ignorance of the artificial radiations sources, even if they have small contributions, which are easily controlled. Before the second world war, the environment radioactivity was a natural phenomena. The subsequent development of the energetic nuclear reactors and the experiments with nuclear bombs in '60-'70 led to environment contamination with radionuclides. The most representative example is the accident of the RMBK reactor from Cernobil.

All this led to the concentration of the efforts in studying the behaviour of radionuclides in environment physics and ecology.

This approach tries to present some problems of the nuclear energy and it's consequences on the environment.

KEYWORDS: Radioactivity, reactors, radionuclides, environment, experiments, contamination, bombs

- 1:INTRODUCERE
- 2:PROCESUL DE FISIUNE
- 3:URANIUL
- 4:EXPLOATAREA SI PRELUCRAREA MINEREURILOR DE URANIU
- 5 : FABRICAREA COMBUSTIBILULUI
- 6 : PRO SI CONTRA ENERGIEI NUCLEARE
- 7: REACTORI ȘI CENTRALE NUCLEARE
- 8 : DEPOZITAREA DEȘEURILOR RADIOACTIVE
- 9 : RADIOACTIVITATEA DATORATĂ TESTELOR NUCLEARE
- 10: PROTECTIA POPULATIEI SI A MEDIULUI.PRINCIPII DE BAZA DE
RADIOPROTECTIE
- 11 : PROGRAME DE MONITORIZARE PENTRU RADIONUCLIZI CU ARIE MARE
DE RĂSPÂNDIRE
- 12: RADIOACTIVITATEA NATURALĂ
- 13:DEPUNERI DATORATE EXPLOZIILOR ȘI ACCIDENTELOR NUCLEARE
- 14: RADIONUCLIZI DE VIAȚĂ LUNGĂ CU DISPERSIE GLOBALĂ
- 15:BIBLIOGRAFIE

INTRODUCERE

Unica sursa de energie care a alimentat civilizatia noastra pana in acest secol a fost energia solara , inmagazinata sub forma de energie chimica , prin procesul de fotosinteza , in surse regenerative (lemnul, apele , vintul) sau in combustibili fosili (carbune , petrol , gaze) a caror constanta de formare este de ordinul milioanei de ani.

Una dintre problemele principale, de a carei solutionare depinde dezvoltarea civilizatiei noastre , problema care a revenit pe I plan al preocuparilor din ultimii ani , este asigurarea cu energia necesara dezvoltarii activitatilor de baza care conditioneaza evolutia progresiva a nivelului de trai al populatiei globului terestru. Cantitatea de energie consumata de omenire a crescut , din epoca primitiva pana acum , de 2,5 milioane de ori .Este evident ca o astfel de crestere , nu poate fi nu poate sa nu conduca la o problema a energiei necesare pentru dezvoltarea viitoare a omeniri .

Pana nu demult am fost “sclavii soarelui” ,dar I pas catre dezrobire a fost facut de fizicianul Becquerel pe 26 feb. 1898 cand acesta a lasat cateva placi fotografice ferite de lumina , in apropierea unui minereu de uraniu . Developandu-le le descopera innegrite, ca si cand ar fi fost expuse la lumina De aici, el a tras concluzia ca minereul de uraniu emite radiatii necunoscute.



De aceea fizicienii francezi Marie Curie și Pierre Curie și-au dedicat mulți ani cercetării radiațiilor radioactive. Împreună, acești 3 cercetători au primit premiul Nobel pentru fizică în 1903. Identificarea și cercetarea acestor radiații începe să-i pasioneze pe cercetători.

Asa ca la începutul secolului trecut Rutherford și elevii lui, Chadwick, Cockcroft și Walton au investigat proprietățile nucleelor cu ajutorul unor particule accelerate artificial la energii cinetice mai mari decât cele ale radiațiilor, emise de substanțe radioactive.

Obținerea energiei nucleare este condiționată de prezența radiațiilor radioactive. Fisiunea stă la baza obținerii energiei nucleare.

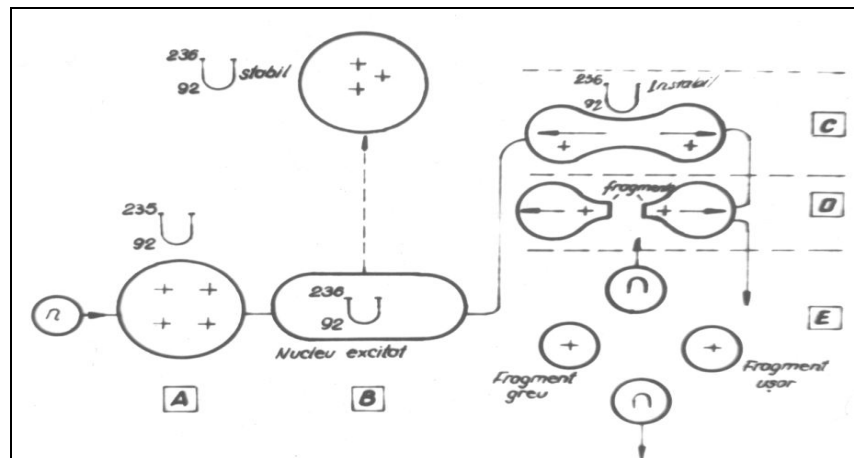


Figura 3. Procesul de fisiune

În starea A nucleul are forma sferică, datorită energiei de legătură analog cu tensiunea superficială a picăturii. Când nucleul absoarbe un neutron se formează un nucleu excitat B, energia lui fiind egală cu energia de legătură a nucleului plus energia cinetică a neutronului și pot apărea cazurile:

- ◆ dacă excesul de energie este insuficient pentru a apărea deformarea, din starea C nucleul revine la forma sferică devenind stabil, excesul de energie se emite ca radiații „ γ ” (în 16% din cazuri);

- ◆ dacă excesul de energie depășește o anumită valoare, denumită „energie critică”, are loc ruperea nucleului în două fragmente (starea **D** de fisiune), ce pot emite un număr de neutroni (starea **E**).

Produsele fisiunii nucleare (fragmentele) din starea **D** au foarte rar nuclee cu mase egale, randamentul în acest caz este sub 0,1% (fisiune simetrică). În cele mai multe cazuri, fisiunea nucleară este „nesimetrică” rezultând nuclee de mase diferite ca în cazul schemei de fisionare nesimetrică a nucleului U_{92}^{235} (figura 4).

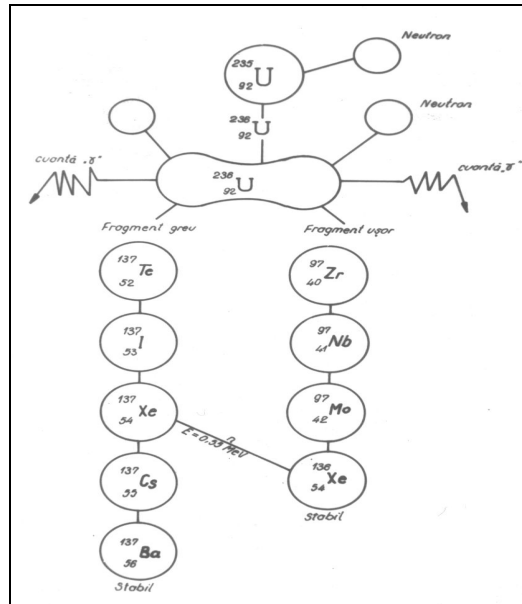


Figura 4

În urma reacției de fisiune nucleară se eliberează o energie ascunsă în profunzimea nucleului. La un act de fisiune nucleară s-a calculat câtă energie se eliberează pentru Uraniu-235:

- ◆ produsele de fisiune: 166 MeV (82,5%)
- ◆ radiație γ de fisiune: 6 MeV (2,95%)
- ◆ radiație β : 7 MeV (3,4%)
- ◆ neutroni: 11 MeV (5,4%)
- ◆ radiație γ întârziată: 6 MeV (2,95%)
- ◆ neutroni: 5 MeV (2,8%)

Astfel, 1 kg Uraniu-235 conține un număr de $6,0 \cdot 10^{23} / 0,235$ nuclee și degajată prin fisionare $5 \cdot 10^{26}$ MeV $\approx 10^{16}$ J.

Energia de 10^{16} J echivalează cu căldura eliberată prin arderea a circa 300.000 tone cărbune.

Folosirea uraniului în energetica nucleară reprezintă, incontestabil, principala utilizare a acestui element.

Uranium, în latină uranium, este un element chimic, un metal, din seria actinidelor a sistemului periodic al elementelor care are simbolul chimic U și numărul de ordine 92. Uranium are cea mai mare masă atomică dintre toate elementele naturale. Uranium este aproximativ cu 70 % mai dens decât plumbul și este ușor radioactiv. Distribuția sa naturală este de circa câteva părți per milion în sol, roci și apă.

Uraniul exista in scoarta Pamantului, pina la adancimea de 16 km, cu o abundenta medie de $2 \cdot 10^{-5}\%$ depasind astfel abundenta unor metale ca mercurul, argintul, bismutul sau cadmiul. In apa marilor si oceanelor se gaseste uraniu sub forma de saruri solubile, cu concentratii cuprinse intre $0.4 \cdot 10^{-7}$ si $23 \cdot 10^{-7}$ g/l. Se disting trei categorii de roci care pot contine uraniu. Primele doua contin minerale primare si, respectiv, secundare de uraniu; a treia categorie contine uraniu ca impuritate inclusa in retele cristaline de baza.[5,13]

Continutul uraniului dispers unor roci este dat in tabelul de mai jos:

Roca	Conținut	
	SiO ₂ (% greutate)	U (g/t)
Granit	70	9,0
Grandiorit	66	7,7
Diorit	60	4,0
Bazalt	50	3,0
Gabro	50	2,4
Peridotit	43	1,5
Dunit	10	1,4

Tabelul de mai jos prezinta unele proprietati fizice ale uraniului:

densitate	19 130kg/m ³
Punct de topire	1 133 -1°C
Punct de fierbere	3 900°C
Rezistivitate electrica	(25°C)(2-4)·10 ⁻⁷ Ωm
Conductibilitate termica	
La 350 K	25,95 W/m·k
La 670 K	32,65 W/m·k
Coeficient de dilatare termica intre 25 si 125°C	
In directia [100]	21,17·10 ⁻⁶ [°C] ⁻¹
In directia [010]	-1,5·10 ⁻⁶ [°C] ⁻¹
In directia [001]	23,2·10 ⁻⁶ [°C] ⁻¹
Coeficient de dilatare volumica	45,8·10 ⁻⁸ [°C] ⁻¹
Transformari alotropice	
α→β	663°C
β→γ	764°C
Structura cristalina	
α-U-ortorombic a=2,852 Å;b=5,865Å; c=4,945Å	
β-U-tetragonal a=10,52Å;c=5,57Å	
γ-U-c.v.v. a=3,474Å	

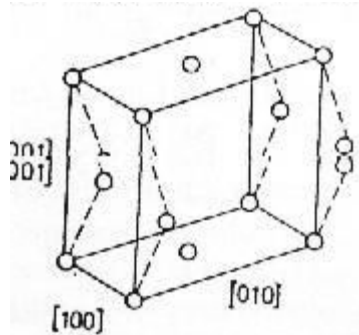


Figura 5 Celula elementara ortorombica a uraniului α

Exploatarea și prelucrarea minereurilor de uraniu

În cele mai multe cazuri minereul de uraniu este exploatat la suprafață sau în mine subterane. În esență, mina de uraniu nu diferă semnificativ față de alte mine pentru minereuri metalifere.

În timpul mineritului subteran sau la îndepărtarea stratului superficial în cazul exploatărilor la suprafață, se produc cantități mari de steril. Haldele de steril conțin adesea radionuclizi din seria uraniului în concentrații relativ mari în comparație cu rocile obișnuite. În unele cazuri halda de steril constă în minereu cu concentrație prea mică de uraniu pentru a putea fi prelucrat în condiții economice avantajoase.

O haldă de steril neprotejată reprezintă o sursă importantă de radon. De asemenea precipitațiile care spală halda reprezintă o sursă de contaminare a apelor de suprafață și a pânzei freactice cu radioizotopi și alte substanțe toxice (arsen și metale grele). Astfel, haldele de steril situate în vecinătatea zonelor locuite reprezintă un risc pentru populație.



Datorită nevoii continue de a deseca și depresuriza tunelurile subterane sau exploatarea la suprafață rezultă o mare cantitate de apă contaminată. Această apă este deversată în sistemele de ape de suprafață după un tratament corespunzător. Tratamentul nu poate elimina complet radionuclizii din apă și se ajunge la contaminarea maselor de apă (care pot fi folosite ca sursă de apă potabilă) cu radionuclizi sau alți poluanți.

Sistemele de ventilație ale minelor subterane, plasate în vecinătatea zonelor locuite, reprezintă o sursă de radon și descendenții radioactivi ai acestuia. De aici apare o iradiere suplimentară a populației.

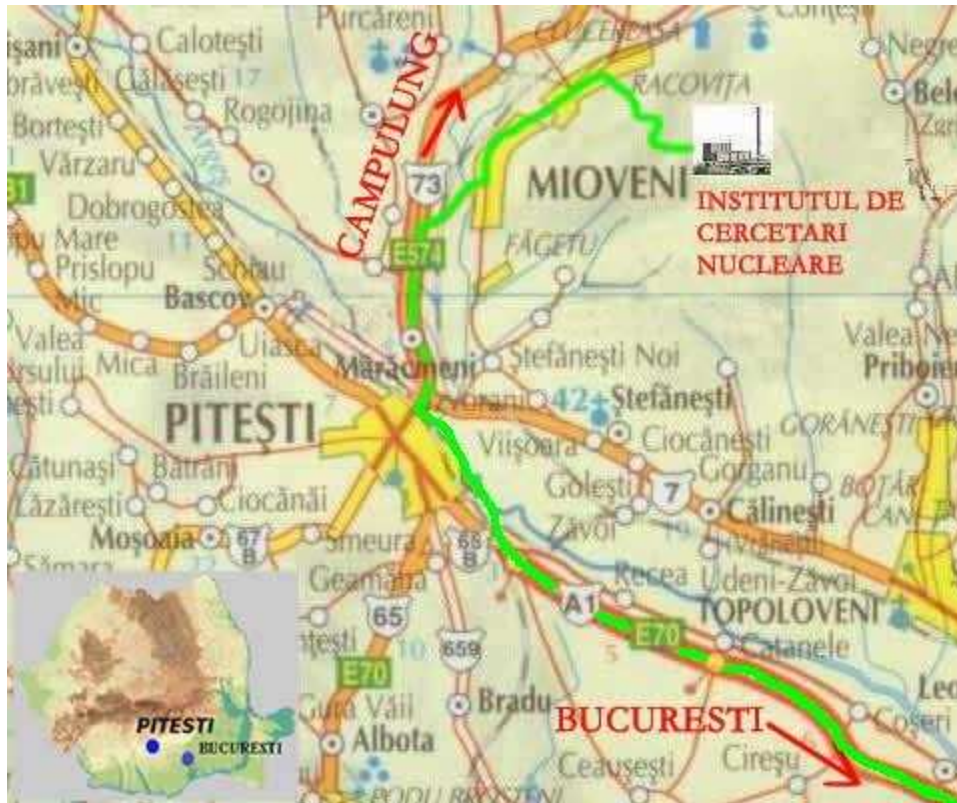
Minereul extras este mărunțit și spălat în instalații speciale. Aceste instalații sunt amplasate de obicei în apropierea minelor pentru a se evita transportul la distanțe mari. Pentru extragerea uraniului din minereu se folosesc soluții acide (acid sulfuric de obicei) sau alcaline. Acestea din urmă sunt mai puțin dăunătoare mediului înconjurător, deșeurile rezultate fiind mai ușor de neutralizat. Deșeurile rezultate sunt depozitate sub formă de șlam în bazine sau halde speciale izolate de restul mediului (în special de apa freatică) prin bariere naturale sau artificiale. Cu excepția uraniului extras, toți ceilalți constituenți ai minereului se regăsesc în deșeurile rezultate. Aproximativ 85% din radioactivitatea inițială este prezentă în deșeuri ca uraniu sau descendenți din seria uraniului. În plus, șlamul conține toate metalele grele (molibden, plumb, cadmiu, vanadiu etc.) și alți poluanți cum ar fi arsenul și agenții chimici utilizați în procesul de prelucrare a minereului.

În urma procesului de măcinare minereul este transformat în pulbere fină, ceea ce face mai ușoară dispersia și migrarea substanțelor periculoase în mediul înconjurător. Crescând suprafața liberă a materialului crește și rata de eliberare a radonului. Mai mult, constituenții din interiorul haldei de deșeuri nu mai sunt în echilibru geochimic, așa cum erau în minereu, de unde rezultă o serie de reacții chimice care înlesnesc migrarea contaminanților în mediu.

Fabricarea combustibilului

Costul relativ ridicat al uraniului și cerințele stricte de gestionare a acestuia fac ca deversările de substanțe radioactive în mediu să fie relativ mici în cazul fabricilor de combustibil. Există însă posibilitatea deversărilor accidentale care trebuie să fie luată în considerare [9]. De exemplu, în caz de incendiu sau explozii, pot fi eliberate în mediu cantități mari de substanțe radioactive. În cazul operațiilor de manipulare, depozitare și fabricare a combustibilului din uraniu îmbogățit, pot fi eliberate în mediu cantități semnificative de substanțe radioactive ca rezultat al accidentelor de criticitate.

În România, Fabrica de combustibil nuclear de la Pitești funcționează din anul 1992 ca entitate separată, pe același amplasament cu Institutul de Cercetări Nucleare.



Laboratorul de Radioprotecție și Protecția Mediului din cadrul acestui institut efectuează monitorizarea mediului înconjurător pe acest amplasament, inclusiv controlul radioactivității efluenților

Sucursala Cercetari Nucleare - Pitesti



Pro si contra energiei nucleare

Energia nucleara prezinta numeroase avantaje. Este economica: o tona de U-235 produce mai multa energie decat 12 milioane de barili de petrol. Eate curata in timpul folosirii si nu polueaza atmosfera. Din pacate exista si cateva dezavantaje. Centralele nucleare sunt foarte scumpe. Produc deseuri radioactive care trebuie sa fie depozitate sute de ani inainte de a deveni inofensive. Un accident nuclear, ca cel produs in 1986 la centrala nucleara de la Cernobal, in Ucraina, poate polua zone intinse si poate produce imbolnavirea sau chiar moartea a sute de persoane.



Reactori și centrale nucleare

Contaminarea mediului datorită exploatării reactorilor nu aduce decât o contribuție relativ mică la doza colectivă angajată, în cadrul ciclului combustibilului nuclear. În România există în exploatare reactorul de încercări materiale TRIGA la Institutul de Cercetări Nucleare Pitești și reactorul CANDU-6 de la CNE-PROD Cernavodă.



Reactorul TRIGA a fost pus în funcțiune în anul 1979 iar reactorul 1 al CNE-PROD Cernavodă a atins prima criticitate la data de 16 aprilie 1996 și a fost declarat comercial la data de 02 decembrie 1996. În ambele cazuri, rezultatele de până acum ale programelor de monitorizare demonstrează faptul că dozele pentru persoane din populație

datorate emisiilor în atmosferă sau ape de suprafață au valori ne semnificative în raport cu doza internă datorată fondului natural de radiații.

Depozitarea deșeurilor radioactive

Obiectivele managementului deșeurilor radioactive este de a izola substanțele radioactive pe o perioadă suficientă de timp astfel încât impactul asupra omului și mediului înconjurător să fie minim și acceptabil. Soluțiile alese pentru depozitarea la suprafață a deșeurilor slab și mediu active cu radionuclizi cu timp de înjumătățire relativ scurt nu pun probleme deosebite în acest sens. Activitățile în acest domeniu trebuie să se concerteze asupra dezvoltării metodologiilor de evaluare a riscului pentru fiecare tip de depozitare luat în considerare care să includă și deșeurile cu activitate foarte scăzută, deșeurile provenite din minerit și deșeurile produse în situații accidentale [6].

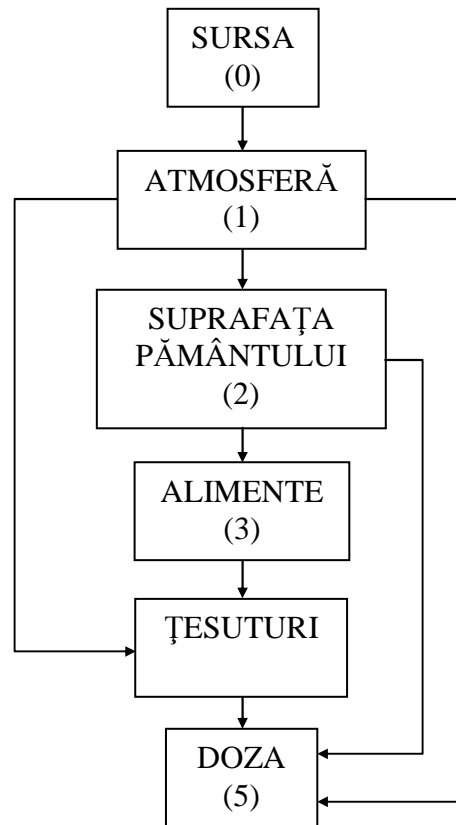
Trebuie dezvoltate modele aplicabile tipurilor de depozite privind studiul migrării și reținerii radionuclizilor de-a lungul întregului drum dintre containerul cu deșeuri și biosferă, pornind de la matricea de depozitare, prin barierele proiectate și mediul geologic.



Radioactivitatea datorată testelor nucleare

Utilizarea armelor nucleare duce la contaminarea radioactivă la scară planetară și la consecințe radiologice pe măsură. Energia nucleară poate fi eliberată dintr-o bombă care urmare a proceselor de fisiune sau fuziune. Aproximativ 50% din energia unei explozii nucleare este eliberată sub formă de undă de șoc, 35% ca radiație termică și 15% sub formă de radiații ionizante. Din totalul radiațiilor ionizante, o treime este reprezentată de radiațiile prompte produse imediat după detonare, și două treimi, adică 10% din energia totală a exploziei, constă în radiații ionizante întârziate produse prin dezintegrarea produșilor de fisiune și a radionuclizilor induși. Radiațiile ionizante prompte constau în radiații γ și neutroni care se eliberează în momentul detonării iar efectul acestora se manifestă în aceeași arie în care se simt unda de șoc și efectul termic.

Transferul radionuclizilor între compartimentele mediului și legătura între producerea radionuclizilor și doza la organismul uman sunt prezentate în figura 1.2.1. Transferul între compartimentele succesive prin căile de migrare este definit prin coeficienții de transfer (P_{ij}) care fac legătura între integralele pe un timp infinit ale concentrațiilor, dozelor sau ale altor mărimi caracteristice. De exemplu, coeficientul de transfer între alimente și țesuturi este dat de raportul între concentrația integrată în țesut și concentrația integrată în alimente.



Testele nucleare s-au efectuat în atmosferă începând cu anul 1945. Programele de testare a armelor nucleare cu puteri mari de detonare s-au desfășurat în perioadele 1954-1958 și 1961-1962. Din lipsa datelor despre experimentele care au avut loc, evaluările cantităților de materiale radioactive eliberate în mediu se bazează pe măsurarea depunerilor produșilor de fisiune importanți (^{90}Sr , ^{137}Cs). Prezența altor radionuclizi poate fi estimată pornind de la rapoartele observate și ținând cont de diferențele între timpii de înjumătățire. În funcție de tipul testului, locul și randamentul exploziei, particulele radioactive se împrăștie între suprafața terestră sau oceanică și paturile troposferei și atmosferei.



Depunerile locale, pe o rază de circa 100 km, pot reprezenta în jur de 50% din inventarul eliberat. În evaluările de consecințe la scară planetară nu se iau în considerare aceste depuneri, deoarece în general, au loc în zone nepopulate.

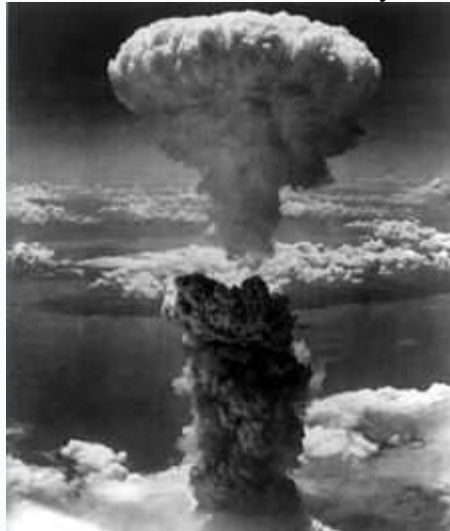
Dimensiunea particulelor depinde în foarte mare măsură de tipul exploziei. Exploziile în apropierea solului produc mari cantități de particule vitrificate foarte puternic radioactive, ca și particulele mici cu un spectru de distribuție a dimensiunilor log-normală. Radioactivitatea particulelor produse într-o explozie nucleară se diminuează cu un factor de 20 la sfârșitul primei zile față de prima oră. Indivizii din localitățile în care au loc depuneri radioactive în cursul primei zile de la explozie pot fi expuși la doze letale.

Se cunoaște faptul că în zonele adiacente exploziei unde există riscul unei expuneri acute, particulele radioactive pot fi atât de mari încât pot fi observate cu ochiul liber. Pescarii japonezi de pe vasul Lucky Dragon care au trecut printr-o zonă cu depuneri radioactive datorate unui experiment cu o bombă termonucleară de mare amploare în martie 1954, au povestit că depunerile radioactive aveau aspectul unui praf alb asemănător fulgilor de zăpadă, puntea vasului fiind astfel acoperită încât se cunoșteau urmele pașilor. Fizicienii japonezi care au investigat acest accident au evaluat depunerile la 38 – 85 grame de praf pe un metru pătrat pe puntea vasului. Particulele au avut dimensiuni cuprinse între 0,1 și 3 μm , aglomerate în granule de aproximativ 300 μm .



Norul ciuperca provocat de explozia aruncării primei bombe atomice , Little Boy, deasupra orașului Hiroshima.

Când bombele nucleare sunt detonate în apropierea solului, fluxul mare de neutroni reacționează cu constituenții solului, ducând la formarea de radionuclizi, majoritatea cu timpi de înjumătățire mici, de ordinul orelor și zilelor. Pornind de la cunoașterea spectrului de neutroni al celor două bombe folosite la Hiroshima și Nagasaki și ținând cont de rezultatele analizelor radiochimice asupra solului și materialelor de construcție din cele două orașe, a fost estimat [12] un angajament de doză, la indivizii care au fost în epicentrul exploziei la o zi după lansarea bombelor, de 0,8 Gy în Hiroshima și 0,3 Gy în



Nagasaki.



Norul ciupercă provocat de explozia aruncării celei de-a doua bombe atomice, [The] Fat Man, deasupra orașului Nagasaki s-a ridicat la 18 km (sau 11 mi = 60,000 ft) în atmosferă deasupra hipocentrului.

Depunerile din troposferă constau în aerosoli formați din particule mai mici care nu sunt antrenate deasupra tropopauzei imediat după explozie și care se depun după un timp care poate să ajungă la 30 de zile. În acest timp particulele se dispersează de o parte și de alta a latitudinii locului exploziei urmând traiectorii care depind de regimul vânturilor dominante. Aceste traiectorii ajung să acopere aproape întreaga circumferință terestră. De exemplu, norul radioactiv având ca sursă un experiment nuclear în Asia Centrală din 16 octombrie 1980, a atins, deplasându-se către est, Europa Centrală în data de 27 octombrie. Traectoria a fost stabilită ținând cont de datele meteorologice și a fost în general confirmată de măsurători de radioactivitate a aerului la nivelul solului. Din punct de vedere al expunerii omului la radiații, aceste depuneri din troposferă sunt importante prin prezența radionuclizilor ^{131}I , ^{140}Ba sau ^{89}Sr , al căror timp de înjumătățire variază de la câteva zile până la două luni.



Suspensiile din stratosferă reprezintă grosul substanțelor radioactive eliberate în urma unei explozii nucleare și se depun după un anumit timp pe întreaga suprafață a planetei, majoritatea în emisfera în care a avut loc producerea lor.

Principalii radionuclizi produși ca urmare a testelor nucleare care contribuie la expunerea prin contaminare internă a organismului uman sunt: ^3H , ^{14}C , ^{54}Mn , ^{55}Fe , ^{85}Kr , ^{90}Sr , ^{89}Sr , ^{106}Ru , ^{131}I , ^{137}Cs , ^{136}Cs , ^{140}Ba , ^{144}Cm , plutoniul și elementele transplutoniene.

Analizând toate căile de migrare și ținând cont de rezultatele măsurătorilor raportate, s-a evaluat angajamentul de doză individual datorat inhalării produșilor rezultați în urma testelor.

Scopul principal al radioprotecției este asigurarea unor standarde de protecție împotriva efectelor nedorite ale radiațiilor, fără a împiedica activitățile cu urmări benefice pentru societate și pentru dezvoltarea durabilă a acesteia [2]. Acest obiectiv nu poate fi realizat fără o bază științifică solidă care, având în vedere importanța și implicațiile utilizării pe scară largă a tehnologiilor nucleare, nu ar fi fost asigurată în absența unei autorități științifice recunoscute pe plan internațional. Cu o istorie de peste 70 de ani Comisia Internațională de Radioprotecție (CIRP) a dezvoltat un sistem consistent de expertiză în domeniul studierii efectelor radiațiilor, iar recomandările sale sunt folosite ca

suport științific atât de către autoritățile naționale, pentru elaborarea normelor din domeniu, cât și de specialiștii în radioprotecție [4].

Opinia științifică, acceptată în prezent, conform căreia orice doză poate produce un efect negativ se bazează în primul rând pe dificultățile pe care le întâmpină orice tentativă de a demonstra efectele dozelor mici de radiații. Astfel, se consideră că orice expunere la radiații produce anumite leziuni la nivel celular sau subcelular care nu pot fi puse în evidență, fie din cauza capacității de regenerare a organismelor vii, fie din cauza limitelor mijloacelor de investigare.

Standardele impuse în prezent în domeniul radioactivității mediului au drept scop declarat protecția omului împotriva efectelor radiațiilor, dar se consideră că ele asigură, implicit, și protecția celorlalte specii de viețuitoare. Se acceptă faptul că nu există motive pentru a pune la îndoială supraviețuirea speciilor, chiar dacă, ocazional, indivizi din aceste specii pot fi afectați în urma acțiunii radiațiilor respective, și nici nu sunt create condiții care ar putea duce la distrugerea echilibrului ecologic dintre specii. În situații normale se consideră că printr-un control eficient al surselor de radiații se poate asigura, simultan, și controlul expunerii populației [2].

CIRP este preocupată de mediul înconjurător doar din punctul de vedere al mecanismelor de transfer al radionuclizilor către om, acesta fiind singurul mod în care mediul constituie o problemă, din punctul de vedere al principiilor radioprotecției [2].

Omul poate fi expus iradierii din diverse tipuri de surse de radiații. Recunoașterea acestor surse de radiații este punctul de plecare al radioprotecției populației. Tabelul 1 [1] prezintă evaluarea contribuțiilor diferitelor surse de radiații la expunerea unei persoane.

Dozele pe care le primește un individ din surse artificiale sunt, de regula, comparate cu dozele pe care le primește din surse naturale. O doză suplimentară mică în comparație cu fondul natural nu este considerată semnificativă. Unele surse naturale și majoritatea surselor artificiale sunt controlabile, ceea ce face posibilă reducerea contribuției lor la expunerea totală

.Pentru a realiza aceasta este necesar să se cunoască nivelul expunerii fiecărei surse și să se determine gradul ei de controlabilitate.

Producerea de energie electrică cu ajutorul reactorilor nucleari presupune existența unui ciclu al combustibilului alcătuit din mai multe etape: extracția și prelucrarea minereului de uraniu, îmbogățirea în uraniu-235 (acolo unde este cazul), fabricarea de elemente combustibile, exploatarea reactorilor nucleari, retratarea combustibilului iradiat, transportul materialelor nucleare între diversele instalații, tratarea și depozitarea deșeurilor radioactive.

TABELUL 1

Estimarile dozei efective din diverse surse de radiații

Sursa sau activitate	Doza individuală anuală (mSv)		Angajament de doză colectivă	
	Per capita (populația globului)	Tipic (indivizi expuși)	Milioane om · Sv	Echivalent în ani de fond
ANUAL				

Fondul natural	2.4	1 - 5	11	1
Expunerea medicala	0.4 - 1	0.1 - 10	2 - 5	0.2 - 0.5
Expunerea profesionala	0.002	0.5 - 5	0.01	0.001
Producere de energie nucleara	0.0002	0.001 - 0.1	0.001	0.0001
EVENTIMENT UNIC				
Explozii nucleare	0.01	0.01	5(26)*	0.5(2.4)*
Accidente nucleare			0.6	-

* - Angajamentul de doza colectiva suplimentar pe termen lung, datorat radonului si carbonului 14 din producerea de energie nucleara si exploziile nucleare este dat in paranteze.

Aproape toate materialele radioactive din industria nucleară rămân pe amplasamentul reactorilor sau al instalațiilor de depozitare special amenajate, dar, aproape în toate etapele ciclului combustibilului, mici cantități de substanțe radioactive pot fi deversate în mediul înconjurător. Cea mai mare parte a radio-izotopilor eliberați nu afectează decât imediata vecinătate din cauza dezintegrării rapide. O parte dintre aceștia, cei al căror timp de înjumătățire este mai mare sau a căror dispersie se face mai rapid, se răspândesc și contribuie la expunerea populației.

Contaminarea mediului datorită exploatării reactorilor nu aduce decât o contribuție relativ mică la doza colectivă angajată, în cadrul ciclului combustibilului nuclear. În schimb, extracția și prelucrarea minereurilor de uraniu aduce o contribuție importantă datorită eliberării radonului și a descendenților acestuia în timpul acestor activități [1]. Din punct de vedere radiologic, reprocessarea combustibilului nuclear este de departe sursa majoră pentru expunerea populației prin ingestie din întreg ciclul combustibilului nuclear. Cea mai mare parte a acestei doze provine din eliberările controlate ale radionuclizilor în mediu [3].



Pentru o estimare corectă a impactului funcționării centralei de la Cernavoda asupra mediului, în perioada 1984 - 1994 a fost derulat programul de monitorizare preoperațională a mediului în cadrul căruia au fost detectate modificările de radioactivitate a mediului produse ca urmare a accidentului de la Cernobîl din 1986.

Programul de monitorizare de rutină a mediului este proiectat pentru evaluarea nivelului de radioactivitate în lanțurile trofice specifice zonei.

Rezultatele programului de monitorizare folosesc la evaluarea dozelor pentru grupul critic, evaluarea eficacității controlului surselor și al monitorizării efluenților precum și la o estimare a dozelor datorate unei evacuări majore.

Rezultatele de până acum ale programului de monitorizare la CNE-PROD Cernavodă demonstrează faptul că dozele pentru persoane din populație datorate emisiilor de tritium (singurul radionuclid eliberat odată cu efluenții gazoși) au valori nesemnificative ($< 0,4 \mu\text{Sv}/\text{an}$) în raport cu doza internă datorată fondului natural de radiații ($1,55 \text{ mSv}/\text{an}$).

În concluzie, mediul înconjurător poate fi privit ca o cale pentru transferul riscului radiologic către om, cu excepția persoanelor care lucrează în domeniul nuclear. De asemenea, este un mediu fragil, care trebuie conservat [6]. Pentru a răspunde preocupărilor autorităților și societății pentru soarta mediului înconjurător, trebuie să se stabilească responsabilități pentru instituții abilitate să studieze interacțiunile dintre mediu și activitățile umane care duc la eliberări de substanțe radioactive, să asigure societatea că riscul asociat producerii de energie nucleară este menținut la o valoare minim posibilă. Aceste instituții trebuie să studieze originea și comportarea radionuclizilor care sunt deversați sau care există deja în mediu, să evalueze impactul radiologic al instalațiilor nucleare în operare normală sau în caz de accident nuclear. În acest din urmă caz, obiectivul principal trebuie să fie acela de a asigura o pregătire corespunzătoare punând la dispoziția factorilor de decizie informațiile și instrumentele necesare în managementul situațiilor de criză.

Protecția populației și a mediului.Principii de bază de radioprotecție

Radioprotecția trebuie să asigure protecția omului în cazul activităților justificate cu surse de radiații. Principalele sale obiective constau în prevenirea efectelor dăunătoare asupra sănătății omului și în limitarea probabilității de apariție a cancerului sau efectelor ereditare, la nivele considerate acceptabile. Un sistem de radioprotecție nu trebuie să ia în considerare omul numai ca individ, ci să asigure în același timp protecția și altor categorii, cum ar fi populația.



 Simbol de Avertizare a existenței substanțelor reactive depozitate în recipiente protectori

CIRP[2] a stabilit principiile sistemului de limitare a dozelor acceptate în prezent în radioprotecție:

- Nici o activitate nu trebuie acceptata dacă nu produce un beneficiu net(principiul justificării).
- Toate expunerile trebuie mentinute la un nivel cât se poate de mic accesibil, în mod rezonabil din punct de vedere economic și social (optimizarea radioprotecției).
- Echivalentul de doza individual nu trebuie să depășească limitele recomandate de CIRP pentru cazurile respective(limitarea dozelor individuale).

Materialele radioactive eliminate în mediul înconjurător constituie surse de expunere a omului la radiatii. Cerintele de limitare a emisiilor sunt consecințe directe ale principiilor de baza ale radioprotecției, enunțate mai sus. Avand in vedere principiul optimizării, dozele rezultate trebuie mentinute la un nivel cât se poate de scăzut astfel încat eforturile economice și sociale necesare sa fie rezonabile.Criteriul ”cât se poate de scăzut, in mod rezonabil” poate fi satisfăcut pornind de la limita de doză primară. Deoarece limitele primare sunt stabilite pentru indivizi [2] , indiferent de sursa, trebuie să se țină seama și de prezența altor surse, de efectele acestor surse în viitor precum și de eventualitatea apariției unor noi surse. Din aceste motive autoritatea competentă trebuie să fixeze o limită pentru fiecare sursă, mai mică decât doza limită individuală, numită limită superioară pentru sursa respectivă.



Simbolul de pericol nou de avertizare pentru elemente deosebit de radioactive

Efectele dăunătoare ale surselor de radiații sunt clasificate în stocastice și nestocastice. Efectele stocastice sunt caracterizate prin probabilitatea de apariție, care este o funcție de doză, pe un interval larg de doze, severitatea lor fiind independentă de mărimea dozei (efectele cancerigene și ereditare). În cazul efectelor nestocastice severitatea lor depinde de mărimea dozei și există un prag sub care acestea nu se manifestă (de exemplu distrugerea țesuturilor). Datorită existenței pragului, prevenirea efectelor nestocastice este realizabilă, în principiu, prin menținerea dozelor la niveluri inferioare pragurilor respective. Situația este complet diferită în cazul efectelor stocastice. Proportionalitatea doză-probabilitate de apariție face ca dozele să fie aditive, în acest sens, creșterea dozei ducând la creșterea probabilității de apariție indiferent de doza încasată anterior. Probabilitatea ca un individ să suporte efecte stocastice dăunătoare ca urmare a acțiunii radiațiilor, sau riscul, cum este adeseori denumită , este proporțională cu echivalentul de doza efectiv.

CIRP a introdus noțiunea de doză angajată definită ca suma dozelor încasate de un individ pe o perioadă de 50 de ani, după încorporarea unei substanțe radioactive. Aceasta noțiune a fost introdusă în urma modificării conceptelor de bază ale radioprotecției potrivit cărora trebuie limitat riscul fatal pe durata vieții individului și nu doza primită

Într-un an doza angajată este o măsură conservativă a riscului în măsura în care o serie de efecte sunt întârziate în raport cu momentul iradierii. În acest sens, limitarea dozelor datorate incorporării de material radioactiv se bazează pe noțiunea de doza angajată termenul de doza anuală cuprinde doza externă primită în anul respectiv și doza angajată în urma incorporărilor (ingestie și inhalare) de material radioactiv din anul respectiv.

În cazul unor activități care se întind pe perioade lungi de timp, radionuclizii de viață lungă eliminați în mediu pot duce la expuneri care să crească în timp, astfel ca doza anuală maximă trebuie limitată în raport cu limita superioară pentru sursa respectivă. Acest fapt se poate realiza prin limitarea angajamentului de doză pentru grupul critic și un an de funcționare.

Grupul critic este format dintr-o mulțime de indivizi omogena în raport cu expunerea de la o singură sursă. Persoanele din grup sunt cele mai expuse de la sursa respectivă. CIRP [2] a efectuat analiza asupra limitării expunerii populației recomandând o valoare de 1mSv/an. Valori mai mari pot fi acceptate doar dacă media anuală pe 5 ani nu depășește 1mSv/an. Valoarea respectivă se referă doar la expunerile continue rezultate în urma unei practici deliberate a cărei aplicare este o problema de opțiune. Aceasta nu înseamnă ca doze mai mari, datorate altor surse, precum radonul din încăperi, ar fi inacceptabile. Existența acestor surse poate fi nedorită dar nu constituie obiectul unei opțiuni, dozele fiind controlabile doar printr-o intervenție, care la rândul său poate avea efecte negative greu de evaluat.

Programe de monitorizare pentru radionuclizi cu arie mare de răspândire

Aceste programe sunt necesare pentru evaluarea modificărilor nivelurilor radiațiilor sau radionuclizilor naturali sau artificiali în urma activităților umane.

Programele de acest tip au ca obiectiv trecerea sub control a tuturor surselor de expunere, la nivel național. Sursele de răspândire largă nu permit definirea unui grup critic. Programele de monitorizare se vor extinde deci pe arii geografice largi, însă pentru anumite radionuclizi precum radonul este necesar să se ia în considerare variațiile locale.

Radioactivitatea naturală

Sursele naturale cosmice sau terestre de radiații gama, radonul, toronul și descendenții lor, radionuclizii din alimente contribuie la iradierea populației.

Expunerea externă este datorată aproape în întregime radiațiilor gama telurice sau cosmice. Componenta cosmică variază cu altitudinea și latitudinea, cea terestră depinde de tipul de sol sau rocă.

reactorul termonuclear perfect si sigur de pe cer



Măsurătorile efectuate în exterior nu sunt de regulă semnificative deoarece majoritatea oamenilor își petrec timpul în interior, unde dozele sunt influențate de materialele de construcție ale clădirilor. Pentru obținerea unor valori rezonabile trebuie monitorizate un număr extrem de mare de locuințe.

Radonul-222 are în general o contribuție mai mare la doză decât Rn-220, concentrația Ra-226

precursorul său variază mult în funcție de tipul de sol sau rocă, de asemenea în materialele de construcție. Concentrația radonului în interiorul clădirilor depinde atât de materialul de construcție cât și de rata de ventilație a încăperilor. Dozele datorate radonului și descendenților săi pot fi reduse prin ventilație, eficacitatea acestora fiind evaluată prin programe de monitorizare adecvate.

Depuneri datorate exploziilor și accidentelor nucleare

Nivelurile actuale ale depunerilor atmosferice nu justifică un program special de monitorizare. Contribuția majoră la expunerea internă o au izotopii precum C-14, Sr-90, și Cs-137 prezenți în alimente. Dacă este necesară o evaluare a dozelor atunci aceste căi de expunere trebuie avute în vedere.

Radionuclizi de viață lungă cu dispersie globală

Radionuclizii precum H-3, C-14, I-129, Kr-85, și Cs-137 pot fi măsurați oriunde în mediul înconjurător, fondul fiind datorat fie surselor naturale fie depunerilor datorate exploziilor nucleare sau accidentelor majore.

Contribuția ciclului combustibilului nuclear poate fi estimată din termenul sursăși pe baza unor modele adecvate. În acest fel este posibilă evaluarea dozelor pentru toate sursele.

Bibliografie:

- [1] UNSCEAR, 1988, Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR 1988 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, United Nations, New York, 1988
- [2] ICRP, 60, 1990, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press, Oxford, New York, Frankfurt, Seoul, Sydney, Tokyo, 1990
- [3] Radioactive Pollutants, Impact on the Environment, Editors François Bréchnignac and Brenda J. Howard, EDP Sciences, Institut de Protection et de Surete Nucleaire, 2001
- [4] Ion I. Popescu, Contribuții la studiul radioactivității mediului înconjurător pe baza datelor obținute din programele de monitorizare a unor obiective nucleare din România, Teză de doctorat, Institutul de Fizică Atomică București, 2001.
- [5] I. Ursu- Fizica si Tehnologia Materialelor Nucleare
- [6] IPSN Activity Report 2000, Institut de Protection et de Surete Nucleaire, 2001

- [7] International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, IAEA Safety Standards No. 115, 1996.
- [8] Norme Fundamentale de Securitate Radiologică, aprobate prin Ordinul CNCAN nr. 14/2000, publicate în Monitorul Oficial al României nr. 404 bis, august 2000.
- [9] Merrill Eisenbud, Environmental Radioactivity, Second edition, Academic Press, New York, 1973.
- [10] Laszlo Toro, Site restoration and remediation, International Union of Radioecology Summer School "An Introduction to Radioecology", Neptun, Romania, 13-23 September 1997
- [11] IAEA Strategic Approach to Education and Training in Radiation and Waste Safety, Final Report of Advisory Group Meeting on Education and Training in Radiation and Waste Safety, 23-27 April 2001 Vienna, Austria
- [12] UNSCEAR, 1985, Rayonnements ionisants: sources et effets biologiques, Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants, Rapport à l'Assemblée générale, avec annexes, 1985
- [13] Note de Cours R. Traicu- Materiale Nucleare Speciale